

Överlevnad, höjd och skador i odlingstester och proveniensförsök med douglasgran i södra Sverige. – Resultat efter sex vegetationsperioder.



Kristina Wallertz, Ulf Johansson, Cecilia Malmqvist och Göran Örlander



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Enheten för skoglig fältforskning

Rapport 19

Asa 2019

Överlevnad, höjd och skador i odlingstester och proveniensförsök med douglasgran i södra Sverige.

– Resultat efter sex vegetationsperioder.

Kristina Wallertz, Ulf Johansson, Cecilia Malmqvist och Göran Örlander

Sveriges lantbruksuniversitet, Asa forskningsstation, 363 94 Lammhult, Sverige

Foto: Kristina Wallertz

Denna serie rapporter utges av Enheten för skoglig fältforskning, Fakulteten för skogsvetenskap vid Sveriges lantbruksuniversitet, med början 2011. Serien publiceras endast elektroniskt.

This series of Reports is published by the Unit for Field-based Forest Research, Faculty of Forest Science at the Swedish University of Agricultural Sciences, starting in 2011. The reports are only published electronically.

Innehållsförteckning

Introduktion	9
Material och metoder	9
Frömaterial	9
Plantmaterial 2009 och 2010	9
Försöksdesign av odlingstesterna	10
Inventeringar av odlingstesterna	11
Proveniensförsök	11
Temperaturklimatet	11
Statistik	11
Resultat	12
Odlingstestet	12
Proveniensförsöket	14
Skador	15
Diskussion	16
Överlevnad	16
Höjd	16
Skador	17
Fortsatt arbete	17
Slutsatser	17

Summary

The ongoing climate change affects the conditions for both domestic and non-native species. Douglas fir is a tree species that can be considered to grow well in a changed climate and could become a complement to e.g. Norway spruce, to a larger extent than today. A factor that inhibits an increased establishment of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) is the knowledge of and access to suitable provenances.

Södra skog and SkogForsk collected Douglas fir seeds from seven provenances in British Columbia, Canada in 2007. Four of these were coastal, latitude 48–52°N, and the other three originated from the interior area, latitude 50°N. A large experiment was conducted in 2009 and 2010, in which seedlings from the seven provenances were included, on 12 sites. Inventories have been carried out after one, three and six growing seasons. On five of those sites hybrid larch (*Larix × marschlinsii* Coaz) was planted in every other row and on two of the sites Norway spruce gran (*Picea abies* [L.] Karst.) was planted in the same way.

A provenance trial with the same provenances was established in 2010 in the Tönnersjöheden Experimental Forest, with the same kind of inventories as for the large experiment.

During spring 2013, many seedlings were damaged by winter desiccation and a special inventory were therefore conducted both in the large experiment and the provenance trial in order to evaluate the damages.

There was no significant difference in the survival rates between the different provenances in the large experiment, after one and three growing seasons. The interior provenances Larch Hills and Three Valley had significantly higher survival rates (76 and 71 %) than the coastal provenances Caycuse River and Bowser Heaman (50 and 48 %), after six growing seasons. Bowser Heaman seedlings were significantly taller (2,09 m) than Three Valley seedlings (1,67 m), after six growing seasons.

The mean height of the 10 highest trees tended to be slightly positively correlated to higher temperature sums for coastal provenances only, but not for the interior provenances.

There seems to be a potential risk of low seedling survival rates in most parts of southern Sweden, if you do not use hardy enough provenances for the climate in the area. Therefore, interior provenances are likely to be preferred. Exceptions to this are favorable climate zones, mainly in the very south of Sweden and in some coastal areas.

Coastal provenances of Douglas fir were more severely damaged than those from the interior area in spring 2013, when many seedlings suffered from winter desiccation. The reason may be later development of freezing tolerance for seedlings originating from the coastal area, which could lead to damage in the autumn. The seedlings would in that case already have been weakened when they were affected by winter desiccation in April. This gives further reason for consideration to recommend the use of interior provenances with earlier winter hardening in large parts of southern Sweden.

Keywords: Douglas fir, provenances, regeneration, seedlings

Sammanfattning

Den pågående klimatförändringen påverkar odlingsförutsättningarna för såväl inhemska som icke inhemska arter. Douglasgran (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) är ett av de träslag som anses kunna växa bra i ett förändrat klimat och skulle kunna bli ett komplement till t.ex. granen i något större omfattning än vad som är fallet idag. En av de faktorer som hämmar en sådan ökad etablering är kunskap om och tillgång till lämpliga provenienser.

Med utgångspunkt i befintliga svenska proveniensförsök införskaffade Södra skog och Skog-Forsk 2007 ett fröparti från British Columbia, Kanada, bestående av sju provenienser av douglasgran. Fyra av dessa var kustnära, latitud 48–52°N, och de övriga tre härstammar från det inlandet, latitud 50°N.

Plantor från dessa frön odlades upp och under 2009 och 2010 anlades odlingstester där provenienserna ingick. I odlingstesterna ingår 12 lokaler och på dessa har inventeringar genomförts efter en, tre och sex växtsäsonger. På fem av dessa lokaler gjordes en radvis inblandning av hybridlärk (*Larix × marschlinsii* Coaz) och på två lokaler planterades förutom douglasgran även vanlig gran (*Picea abies* [L.] Karst.).

Ett proveniensförsök anlades 2010 i Tönnersjöhedens försökspark där de sju provenienserna ingår och detta försök har inventerats på samma sätt som odlingstesterna.

Under våren 2013 drabbades många föryngringar av vinterfrosttorka och då gjordes en särskild uppföljning av odlingstesterna och proveniensförsöket.

Det fanns inga signifikanta skillnader i överlevnad mellan de olika provenienserna, varken efter en eller tre tillväxtsäsonger i odlingstesterna. Inlandsprovenienserna Larch Hills och Three Valley hade signifikant högre överlevnad (76 och 71 %) än kustprovenienserna Caycuse River och Bowser Heaman (50 och 48 %), efter sex växtsäsonger. Bowser Heaman-plantorna var signifikant högre (2,09 m) än Three Valley-plantorna (1,67 m), efter sex växtsäsonger. I övrigt fanns inga signifikanta höjdskillnader mellan provenienserna i något av experimenten vid någon tidpunkt.

Medelhöjden för de 10 högsta träden tenderade att vara svagt positivt korrelerad med högre temperatursumma för provenienser från kusten, medan detta samband inte kunde ses för inlandsprovenienserna.

Resultaten visar att det är hög risk för avgångar i stora delar av Götaland om man inte använder tillräckligt hårdiga provenienser för vårt klimat. De hårdigare inlandsprovenienserna är därför troligen att föredra, med undantag för gynnsamma klimatzoner i sydligaste Sverige och vissa kustnära områden. När många plantor i Småland fick skador av vinterfrosttorka i april 2013, drabbades kustprovenienserna av douglasgran hårdare än de från inlandet. Orsaken kan vara att kustproveniensernas senare invintring kan medföra skador på hösten. De var då redan försvagade eller kanske till och med döda våren därpå. Detta ger ytterligare fog för en rekommendation att använda de hårdigare inlandsprovenienserna, med tidigare invintring, i stora delar av Götaland.

Nyckelord: Douglasgran, föryngring, plantor, provenienser

Introduktion

Klimatförändringar kommer sannolikt att påverka svenska skogar på många sätt i framtiden. Vissa arter gynnas, kanske med ökad tillväxt, medan andra kan drabbas av problem som torka och frost. Användandet av nya, icke inhemska trädslag, som t.ex. douglasgran (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) skulle kunna vara ett sätt att mildra effekterna av klimatförändringar och att möta ett behov av ökad biomassaproduktion (Lundmark et al. 2014). Med tanke på douglasgranens virkesegenskaper och avkastning skulle detta trädslag kunna vara av stort intresse.

Valet av lämpliga provenienser har alltsedan douglasgranens introduktion i Europa varit en viktig fråga. Provenienser med ursprung från kusten har visat en högre tillväxtpotential än inlandsprovenienser i flera europeiska försök (Konnertz & Reutz 2006, Petkova 2008, Petkova et al. 2014). I Sverige har dock provenienser från inlandet visat sig fungera bättre både med hänsyn till överlevnad och tidig tillväxt (Martinsson & Kollenmark 2001).

Frostkänslighet är en viktig del vid förnygring av douglasgran och ett område där de olika provenienser skiljer sig åt (O'Neill et al. 2001, Hansen 2007). Provenienser från inlandet har en tidigare skottskjutning jämfört med de från kusten och är i ett känsligt stadium den tiden på året då vår- eller försommarsfrost förekommer. Skador av frost kan förutom på våren även ske på hösten, om plantan inte har hunnit invintra tillräckligt då kylan kommer.

Douglasgran kan också drabbas av vinterfrosttorka, som uppkommer framför allt under senvinter och tidig vår efter en period med soliga och förhållandevis varma dagar men kalla nätter med låga temperaturer. En sannolik orsak till dessa skadors uppkomst är att plantornas ovanjordsdelar väcks till liv under soliga dagar och börjar transpirera men att vattenupptagningen inte fungerar eftersom rötterna är inaktiva i den ofta tjälade marken. Plantorna drabbas därför av torkstress eller fysiologisk uttorkning (Hannerz 1994).

Södra skog och SkogForsk införskaffade 2007 ett fröparti bestående av sju provenienser av douglasgran. Målet med fröanskaffningen var att anlägga odlingstester för att studera etablering av olika provenienser under skiftande ståndortsförhållanden men även att skapa bestånd av tillräcklig storlek för att medge framtida studier av produktion, gallring, biodiversitet m.m. (Wallertz et al. 2013). På en del av odlingstesterna planterades även gran (*Picea abies* [L.] Karst.) eller hybridlärk (*Larix × marschlinsii* Coaz). Under 2009 etablerades odlingstester på åtta lokaler i södra Sverige och under 2010 på ytterligare fyra lokaler. Ett fullständigt proveniensförsök med

plantmaterial från samma fröparti som odlingstesterna anlades också på Tönnersjöhedens försökspark 2010 (Malmqvist et al. 2018).

Huvudsyftet med denna rapport var att redovisa resultaten för odlingstesterna efter 6 års tillväxt. Jämförelser mellan de olika provenienser med avseende på överlevnad, tillväxt och skador redovisas. Överlevnad och tillväxt redovisas separat för gran och hybridlärk som planterats på några av lokalerna.

Resultat från proveniensförsöket på Tönnersjöheden överlevnad och höjdtillväxt efter en, tre och sex växtsäsonger redovisas också i denna rapport.

Material och metoder

Frömaterial

Frömaterialet till odlingstesterna och proveniensförsöken anskaffades genom en kontakt mellan Skogforsk, Ekebo, och representanter för den statliga skogsträdsförädlingen i British Columbia (BC, Kanada), vilka medverkade med både rådgivning vid frövalet och fröleveransen. Utgångspunkten var att anskaffa lämpligt frömaterial för södra Sverige, om möjligt både beståndsfrö och fröplantagematerial. Det slutliga valet föll på tre provenienser från vardera kust- och inlandsregionen samt ett fröplantagematerial (Tabell 1, Figur 1)

Tabell 1. Härkomst för provenienser som ingår i odlingstesterna

Provens	Latitud (°N)	Longitud (°V)	Altitud (m)
Inlandsprovenienser			
Anstey Arm	50,58	118,58	610
Three Valley	50,55	118,27	710
Larch Hills	50,48	119,00	670
Kustprovenienser			
Caycuse river	48,50	124,29	550
Ladysmith	48,57	123,58	549
Bella Coola	52,25	126,15	150
Bowser Heaman (plantagefrö)	49,26	124,41	-

Plantmaterial 2009 och 2010

Våren 2007 såddes halva det ursprungliga fröpartiet in. Plantmaterialet var relativt jämnt fördelat på täckrotsplanter och PlugPlusEtt-planter. Dessa planterades i försöket med odlingstester på ett antal lokaler under våren 2009 varav åtta lokaler sedan har följts under sex år (Figur 2).



Figur 1. Geografisk härkomst för provenienser som ingår i odlingstesterna. Karta över British Columbia, sydvästra Kanada och nordvästra USA.

Den andra halvan av fröpartiet såddes den 5 juni 2008. Den sena insådden gjordes i ett försök att producera plantor som var av mindre storlek vid utplantering. I övrigt användes samma metodik, material och förfarande som 2007. Plantorna planterades sedan på ett antal lokaler under våren 2010 varav fyra har inventerats under sex år (Figur 2). På de flesta lokalerna planterades alla sju provenienser men på tre av dem saknades en proveniens (Tabell 2). Orsaken var avsaknad av plantor. På en lokal, Börringe kloster, planterades en extra proveniens som inte ingick i försöket.



Figur 2. Karta över odlingstesternas geografiska placering. Lila färg markerar 2009 års planteringar, grön färg markerar plantering 2010.

Proveniensexförsöket i Tönnersjöheden planterades 2010 med samma material som i odlingstesterna för detta år.

Försöksdesign av odlingstesterna

En generell rekommendation för odlingstesterna var att varje proveniens skulle planteras på en yta av minst 0,5 ha. Fullskaliga odlingstester eftersträvdades, vilket innebar minst 3,5 ha nettoareal per lokal, för att inrymma samtliga sju provenienser. Skälet till detta var dels att åstadkomma bestånd för framtida

Tabell 2. Lokaler, markägare, antal provenienser och övriga planterade trädslag.. BH = Bowser Heaman, AA = Anstey Arm, K = Kronborg, Danmark

Lokal	Markägare	Antal provenienser	Övriga trädslag
Planteringar 2009			
Yxkullund	Södra	7	Hybridlärk
Toftaholm	Södra	7	
Tagel	Rappe- von Schmitterlöwska Stiftelsen	6 (Saknas BH)	
Smörmölle	Trolleholms gods	7	Hybridlärk
Vinterhusvägen	Trolleholms gods	7	Hybridlärk
Asa	Lars-Johan Svensson	6 (Saknas BH)	
Vimmerby	Sveaskog	6 (Saknas AA)	Hybridlärk
Börringe	Börringe kloster	8 (Extra K)	
Planteringar 2010			
Steningaryd	Göran Örlander	7	Gran
Fågelfors	Södra	7	Hybridlärk och gran
Släne	Södra	7	
Klenemåla	Södra	7	

produktionsstudier, dels att minska risken för viltbetning. Markberedning gjordes med harv och 2 m radavstånd.

På de fem lokaler där även hybridlärk planterades, gjordes detta i varannan rad med ett avstånd på 2,5 m mellan plantorna. De återstående raderna planterades med douglasgran med 1,8 m plantavstånd. Detta gav ca 1 000 plantor/ha av hybridlärk och ca 1 400 plantor/ha av douglasgran.

Vidare rekommenderades behandling mot snytbagge och viltbetning. På två av lokalerna planterades gran som inblandning i parcellerna eller som en egen parcell. På en lokal (Klenemåla) gjordes planteringen under en tallskärm. För detaljer kring enskilda lokaler angående proveniens, trädslagsblandning m.m., se bilaga 1 och 5 i Wallertz et al. 2013.

Inventeringar av odlingstesterna

På 12 lokaler av odlingstestet etablerades fasta provytor inom varje proveniens, med syfte att följa dessa under etableringsfasen (bilaga 6 i Wallertz et al. 2013). Alla inventeringslokaler och fasta provytor koordinatsattes, för att möjliggöra lokalisering av ytorna i framtiden. På varje inventeringslokal lades fem provytor ut. Den första inventeringen av planteringarna gjordes våren 2010 (2009 års plantering) respektive våren 2011 (2010 års plantering). Anledningen till att inventeringen inte gjordes redan den första hösten var att få med skador av vilt och andra skador som skett under den första vintern.

Vid den första inventeringen mättes plantornas höjd och toppskottslängd samt skadeorsak och skadans betydelse för plantans tillväxt. Vegetationens procentuella täckningsgrad bedömdes och markfuktigheten klassades inom 20 cm från plantan. Markfuktigheten registrerades i fyra klasser; torr, frisk, fuktig eller blöt mark.

Vid treårs- och sexårsmätningen noterades plantans höjd, höjdtillväxt och skador (orsak och vilken betydelse skadan hade för plantans tillväxt).

Våren 2013 drabbades många sydsvenska planteringar av omfattande klimatskador. Detta gällde också för douglasgran. En extra mätning på elva av de lokaler som ingick i odlingstesterna genomfördes våren 2013. På varje lokal inventerades 25 plantor inom varje proveniens. Den lokal som undantogs i denna studie var Vinterhusvägen i Trolleholm, av besparingsskäl och för att en annan lokal i Trolleholm ändå inventerades.

Proveniensförsök

Samtidigt med odlingstesterna anlades två proveniensförsök (blockförsök) på Asa och Tönnersjöhedens försöksparker i södra Sverige. Syftet med dessa försök var att studera etablering (överlevnad,

tillväxt och skador) men också att möjliggöra framtida långsiktiga studier av volymproduktion och virkeskvalitet. Proveniensförsöket i Asa anlades 2009 på tre lokaler (block); en på Asa försökspark, en i Drev strax utanför Braås och en i Vithult ett par mil norr om Braås, men på grund av höga avgångar lades försöket ner 2010 (Wallertz et al. 2013).

Försöket i Tönnersjöheden är beläget inom ett område som innehåller andra försöksytor och har varit inhägnat (2 m högt viltstängsel) sedan 2005. Föregående skogsgeneration var ett granbestånd som planterades i slutet av 1890-talet på tidigare ljunghedsmark. Granbeståndet skadades av stormfällning 2005 och restbeståndet slutavverkades i februari 2008. Försöksområdet markbereddes i april 2009 med harvning (2 m radavstånd), varefter 24 parceller med en bruttostorlek på 40×40 m stakades ut. Dessa indelades i tre block med 8 parceller i varje block, en vardera för 7 provenienser och en jämförelseyta med vanlig gran. Försöksleden lottades ut på parcellerna.

I maj 2009 planterades varannan rad med 2-åriga hybridlärkplantor (fröplantage Maglehem) i förband 2,5×4,0 m, på de 21 parcellerna. Avsikten var att samtidigt sätta douglasgranplantorna, men då dessa var slut i plantskolan fick detta skjutas upp till våren 2010.

I maj 2010 planterades varannan rad med douglasgranplantor i förband 2,0×4,0 m. Plantorna snytbaggebehandlades i fält. Jämförelseytorna med gran planterades 2012. Två rader med douglasgranplantor per parcell inventerades omedelbart efter plantering i maj 2010, samt hösten 2010, 2011, 2013 och 2015.

Vid varje inventeringstillfälle registrerades höjd, toppskottslängd, snytbaggesskador och andra skador. Eftersom granen planterades sent är den bara inmätt direkt efter plantering.

Temperaturklimatet

Temperatursumman, Tsum, används som ett mått på en ståndorts temperaturklimat och är den genomsnittliga summan av den delen av dygnsmedeltemperaturerna som överstiger +5°C, under vegetationsperioden.

Vi har använt den funktion som ofta används i skogliga sammanhang som bygger på funktioner beräknade för temperaturer under 1961-1990 (Morén & Perttu, 1994). Tsum har använts i denna studie för att studera eventuella samband mellan överlevnaden respektive höjdtillväxten och de olika lokalerna, för inlands- respektive kustprovenienser.

Statistik

SAS-programvarans (SAS Institute, Cary, NC, USA) funktion PROC MIXED användes för alla dataanalyser. Medelvärden beräknades för överlevnad

och höjd på varje lokal och proveniens i det stora försöket med odlingstester och för varje block och proveniens i proveniensförsöket på Tönnersjöheden, innan några analyser utfördes. När signifikanta skillnader identifierades ($p < 0,05$) användes Tukeys test för att skilja effekterna av enskilda faktorer. Skillnader mellan medelvärden ansågs signifikanta vid $p < 0,05$.

Vid analys av samband mellan medelhöjd och Tsum genomfördes beräkningarna av medelhöjd på de 10 högsta träden inom varje kust- respektive inlandsproveniens och lokal.

Resultat

Odlingstestet

Markvegetation och markfuktighet

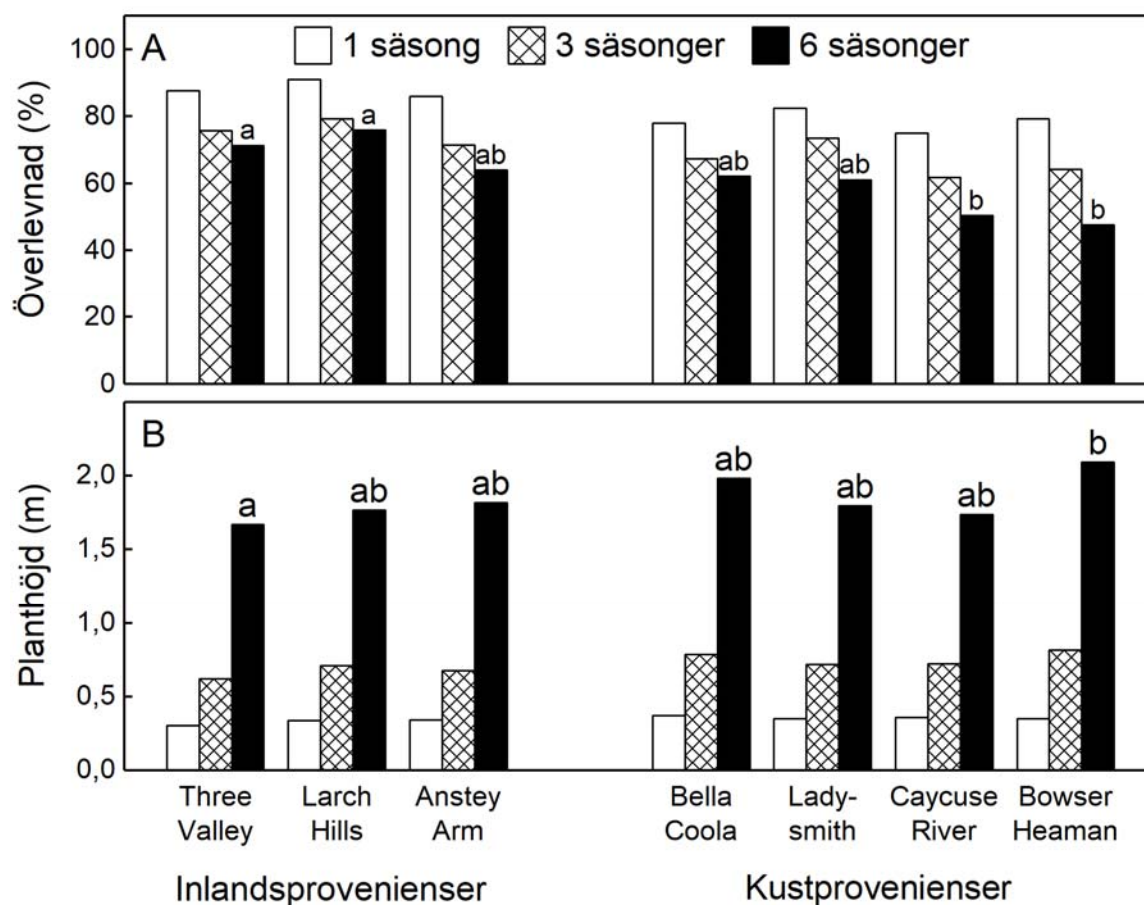
Markvegetationens täckningsgrad runt plantorna var i genomsnitt 27 %. Den vanligaste arten var hallon följt av gräs (kruståtel och bredbladigt gräs), som

återfanns på 42 % respektive 23 % av planteringspunkterna. Själsådd gran noterades i 9 % av planteringspunkterna. Följande arter noterades också men deras andel uppgick bara till några få procent; starr, blåbär, lingon, ljung, hampdån, veketåg, örnbräken, björk och fläder.

I 2009 års plantering bedömdes klasserna för markfuktigheten i planteringspunkterna fördelas på 70 % frisk mark, 20 % torr mark och 10 % fuktig eller blöt mark. Motsvarande för 2010 års plantering var 99 % frisk mark och 1 % torr eller fuktig mark.

Douglasgran

Efter en respektive tre växtsäsonger fanns ingen signifikant skillnad i överlevnad mellan de olika provenienserna, totalt för alla lokaler. Efter sex växtsäsonger hade inlandsprovenienserna Larch Hills och Three Valley signifikant högre överlevnad, 76 % respektive 71 %, än kustprovenienserna Caycuse River och Bowser Heaman, 50 % respektive 48 % (Figur 3A).



Figur 3. Genomsnittlig överlevnad (A) och medelhöjd (B) efter 1, 3 och 6 växtsäsonger i odlingstestet. Staplar med samma bokstav indikerar att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan provenienserna på signifikansnivån $p < 0,05$. Ingen signifikant skillnad fanns mellan några proveniens efter 1 och 3 år, därför finns inga bokstäver över dessa staplar.

Det fanns inga signifikanta skillnader i planthöjd varken efter en eller tre växtsäsonger (Figur 3B). Efter sex växtsäsonger var plantorna från fröplantagen Bowser Heaman signifikant högre, 2,09 m, än inlandsproveniensen Three Valley, 1,67 m. vid denna tidpunkt var medelhöjden för alla kustprovenienser 1,90 m och för alla inlandsprovenienser 1,75 m.

Det finns en stor variation mellan de olika lokalerna, när det gäller överlevnad och höjd för olika provenienser (tabell 3). Lägst överlevnad noterades för plantagefröet Bowser Heaman och proveniensen Bella Coola på lokalerna Yxkullund och Fågelfors, där bara 12 respektive 15 % av plantorna levde efter sex växtsäsonger. I Börringe noterades den högsta överlevnaden. Där levde 94 respektive 95 % av plantorna av provenienserna Three Valley och Lady-smith, efter sex år i fält.

Den högsta medelhöjden uppmättes i Släne för plantagefröet Bowser Heaman, 3,23 m, och lägst höjd noterades för proveniensen Caycuse River i Asa (0,7 m), och Three Valley (0,99 m) i Yxkullund. Även överlevnaden var låg för dessa provenienser på samma lokaler, 32 respektive 28 %.

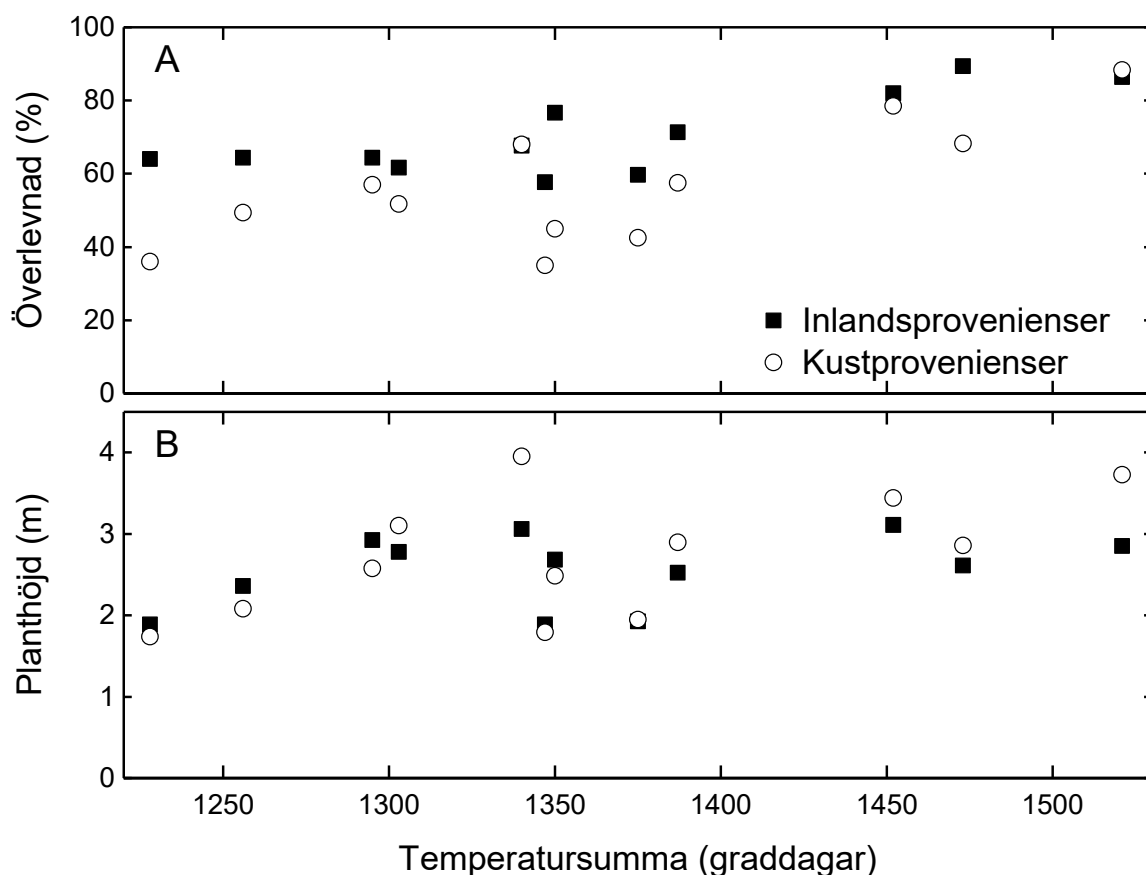
Temperaturklimatet och douglasgran

Överlevnaden för inlandsproveniensen påverkades inte när de planterades på lokaler med en temperatursumma upp till 1 400 graddagar (Figur 4A). Därefter tenderade överlevnaden att öka något med stigande Tsum upp till 1 550 graddagar, vilket gällde även kustproveniensen. För kustproveniensen fanns en svag tendens till sämre överlevnad vid lägre Tsum.

Medelhöjden för de 10 högsta träden tenderade att vara svagt positivt korrelerad med Tsum för provenienser från kusten, dock med undantag för en lokal som var belägen utanför Emmaboda i Småland, med Tsum 1 340 graddagar (Figur 4B). För provenienserna från inlandet fanns inget tydligt samband mellan medelhöjden för de 10 högsta träden och Tsum.

Hybridlärk och gran

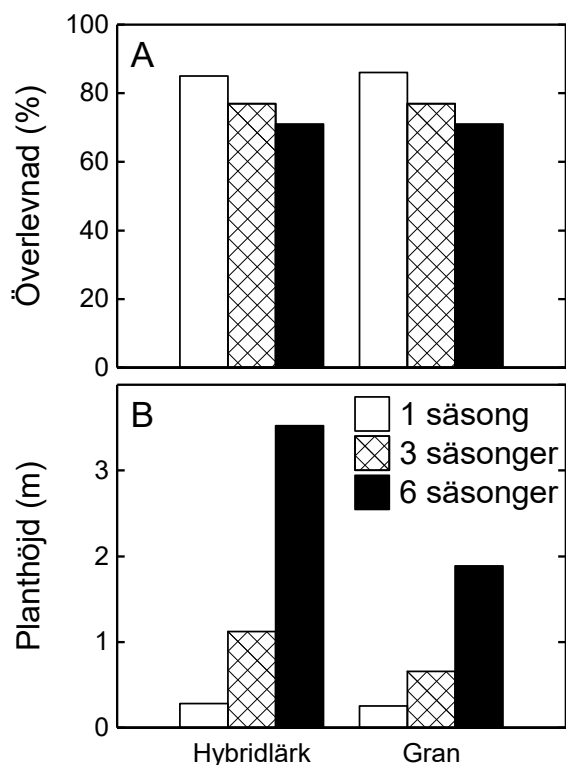
Såväl hybridlärkens som granens överlevnad efter 6 år var 71 % och låg i nivå med inlandsproveniensen av douglasgran, som hade 72 % överlevnad (Figur 5A).



Figur 4. Sambandet mellan överlevnad (A), medelhöjden för de 10 högsta träden (B) och temperatursumman, Tsum, i odlingsstestet. Inlandsproveniensen är Anstey Arm, Three Valley och Larch Hills och kustproveniensen är Caycuse River, Ladysmith, Bowser Heaman och Bella Coola.

Tabell 3. Genomsnittlig överlevnad och medelhöjd per lokal efter 6 växtsäsonger för de olika provenienserna av douglasgran, samt medelvärde för samtliga lokaler

Lokal	Överlevnad (%)								Medelhöjd (m)						
	Three Valley	Larch Hills	Anstey Arm	Bella Coola	Lady-smith	Caycuse River	Bowser Heaman	Three Valley	Larch Hills	Anstey Arm	Bella Coola	Lady-smith	Caycuse River	Bowser Heaman	
Yxkullund	28	83	62	33	26	69	12	0,99	1,53	1,76	1,46	1,14	1,62	1,37	
Toftaholm	86	81	63	82	45	36	18	1,54	1,77	1,76	1,89	1,34	1,45	1,74	
Tagel	47	81	65	77	42	52		1,81	1,93	1,79	2,36	1,45	1,26		
Smörmölle	93	87	88	81	69	43	80	1,68	1,85	1,9	1,96	2,05	1,64	2,48	
Vinterhusvägen	91	77	78	78	83	72	81	1,8	2,05	2,52	2,07	2,39	2,44	3,13	
Asa	61	68	64	59	57	32		1,43	1,55	1,61	1,56	1,69	0,7		
Vimmerby	80	48		33	49	13	49	1,64	0,97		1,75	1,38	1,07	1,46	
Börringe	85	95	79	89	94	82		1,89	1,98	1,54	2,74	2,28	2,18		
Steningaryd	61	68	56	62	62	49	34	2,15	1,84	1,84	2,37	2,34	1,98	2,11	
Fågelfors	76	71	32	15	72	43	40	1,35	1,7	1,54	1,27	1,78	1,45	1,27	
Släne	62	83	59	73	65	67	67	2,15	2,17	1,93	2,4	2,2	2,73	3,23	
Klenemåla	88	68	58	65	70	48	47	1,59	1,88	1,85	1,98	1,57	2,35	2,06	
Medel	71	76	64	62	61	50	48	1,67	1,77	1,82	1,98	1,8	1,74	2,09	



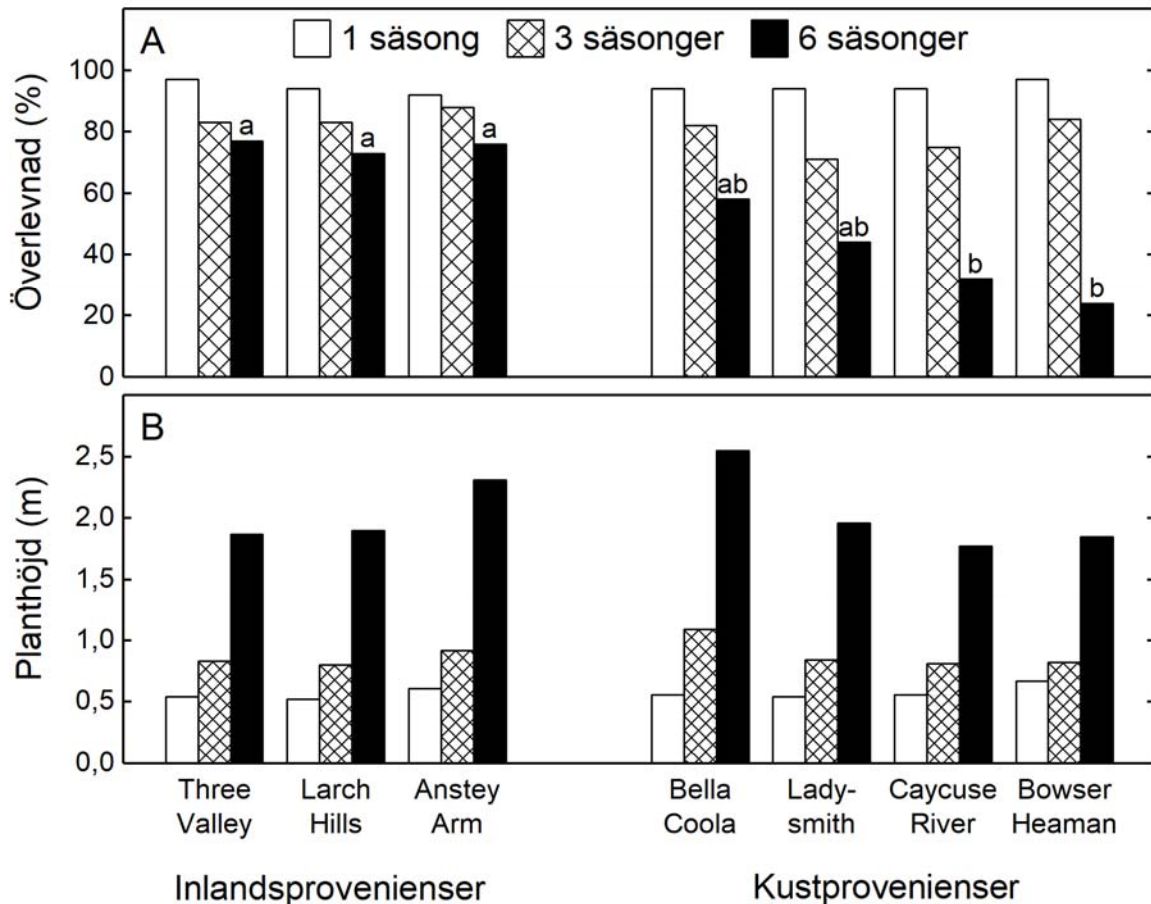
Figur 5. Genomsnittlig överlevnad (A) och medelhöjd (B) för hybridlärk och gran på 5 respektive 2 lokaler i odlingstestet efter 1, 3 och 6 växtsäsonger.

Efter 6 växtsäsonger var medelhöjden för hybridlärken ca 3,50 m, vilket var mer än en meter högre än de högsta douglasgranprovenienserna (Figur 5B) medan medelhöjden för gran var 1,88 m och mer jämförbar med den genomsnittliga douglasgranen på 1,82 m.

Proveniensförsöket

Det fanns inga signifikanta skillnader i överlevnad mellan provenienserna efter ett respektive tre år (Figur 6A). Efter sex växtsäsonger hade de inlandsprovenienserna Three Valley (77 %) Larch Hills (73 %) och Anstey Arm (76 %) signifikant högre överlevnad än kustprovenienserna Caycuse river (32 %) och Bowser Heaman (24 %).

I proveniensförsöket på Tönnersjöhedens försöks-park varierade höjden efter sex växtsäsonger mellan 1,77 m för Caycuse River till 2,55 m för Bella Coola (Figur 6B). Det fanns inga signifikanta skillnader i höjd mellan varken provenienserna ($p=0,36$) eller vid gruppering av provenienserna på kust och inland ($p=0,93$). Toppskottets längd den sjätte växtsäsongen uppvisade samma mönster, där Caycuse River hade i genomsnitt kortast (0,47 m) och Bella Coola längst (0,69 m) toppskott. Dock fanns inte heller här några signifikanta skillnader mellan provenienserna ($p=0,45$) eller mellan kust- och inlandsgrupperna ($p=0,67$).



Figur 6. Överlevnad (A) och medelhöjd (B) efter 1, 3 och 6 växtsäsonger i proveniensförsöket på Tönnersjöhedens försöks-park. Staplar med samma bokstav indikerar att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan provenienserna på signifi-kansnivån $p < 0,05$. Ingen signifikant skillnad i överlevnad fanns mellan de olika provenienserna efter 1 och 3 år, därför finns inga bokstäver över dessa staplar.

Skador

Klimatskador

Provenienser med ursprung från kusten i British Columbia drabbades hårdare av skador av vinterfrost-torka våren 2013 än de med ursprung från inlandet (Tabell 4). En sammanslagning av kustprovenienser respektive inlandsprovenienser gav signifikant högre andel döda och svårt skadade plantor bland kustprovenienser, i odlingstesterna 30 % respektive 11 % och i proveniensförsöket 61 % respektive 16 %.

Övriga skador

Andelen plantor som var lätt eller svårt skadade av försommarfrost, vilt eller av okänd anledning vid inventeringarna efter 1, 3 och 6 växtsäsonger var låga

eller måttliga (Tabell 5). Alla skadeobservationer gäller nya skador vid inventeringstillfället. De flesta skador av försommarfrost som noterades var lindriga, förutom för 2010 års plantering vid inventering efter 1 år. Mellan 14 och 23 % av inlandsprovenienser drabbades av svåra skador, medan nivån var lägre för kustprovenienser, dock med Lady Smith som undantag (15 %).

Ingen effekt av provenienserna fanns när det gäller skador av vilt eller de som klassats som skador av okänd anledning. Efter 6 växtsäsonger var frekvensen skadade plantor lägre jämfört med tidigare mätningar.

Tabell 4. Andel döda, svårt och lindrigt skadade samt oskadade plantor (%) av vinterfrosttorka i odlingstesterna och proveniensförsöket i Tönnersjöheden. Ofärgad bakgrund=inlandsproveniensen, ljus grå = kustproveniensen

Proveniensen	Andel skadade i odlingstesterna (%)				Andel skadade i proveniensförsöket (%)			
	Död	Svårt skadad	Lindrigt skadad	Oskadad	Död	Svårt skadad	Lindrigt skadad	Oskadad
Inlandsprovenienser								
Anstey arm	8	9	23	60	9	6	2	83
Three Valley	4	5	20	73	3	11	0	86
Larch Hills	4	7	23	67	10	8	2	80
Kustprovenienser								
Bella Coola	9	15	23	55	38	26	2	34
Caycuse River	15	20	30	37	34	18	0	48
Ladysmith	16	13	36	35	19	22	2	57
Bowser Heaman	22	19	31	28	66	19	1	14

Tabell 5. Andelen plantor som skadats av försommarfrost, vilt och okända skador i 2009 och 2010 års odlingstester vid inventering efter 1, 3 och 6 växtsäsonger. Efter 6 växtsäsonger förkom inga skador av frost.

Proveniensen	Efter 1 växtsäsong (%)						Efter 3 växtsäsonger (%)						Efter 6 växtsäsonger (%)			
	Frost		Vilt		Okänd		Frost		Vilt		Okänd		Vilt		Okänd	
	Lätt	Svår	Lätt	Svår	Lätt	Svår	Lätt	Svår	Lätt	Svår	Lätt	Svår	Lätt	Svår	Lätt	Svår
2009 års odlingstester																
Anstey Arm	1	0	7	5	8	7	12	0	6	20	23	1	0	1	0	1
Three Valley	0	0	8	2	11	7	7	0	3	19	18	2	2	1	10	3
Larch Hills	0	0	5	3	12	9	14	0	6	11	33	3	0	0	10	2
Caycuse River	0	0	1	2	5	13	1	0	3	12	19	2	2	1	7	2
Ladysmith	0	0	3	4	12	16	2	0	4	18	22	4	2	0	12	2
Bowser Heaman	0	0	0	1	3	14	1	0	1	8	7	2	0	0	10	2
Bella Coola	1	0	2	4	8	7	2	0	3	9	17	1	0	0	6	2
2010 års odlingstester																
Anstey Arm	5	14	3	19	10	18	0	2	14	1	12	7	2	4	1	4
Three Valley	5	23	1	18	11	14	0	2	12	0	18	14	4	2	10	0
Larch Hills	11	17	3	18	16	23	0	2	27	1	26	10	1	1	6	2
Caycuse River	6	10	1	24	15	14	0	4	16	1	10	2	6	2	10	1
Ladysmith	5	15	3	16	11	18	0	3	14	0	13	3	3	1	15	0
Bowser Heaman	2	0	6	13	9	22	0	3	18	2	9	13	2	2	13	2
Bella Coola	3	1	2	15	8	15	0	7	14	1	11	3	3	2	6	2

Diskussion

Överlevnad

Inlandsprovenienser Larch Hills och Three Valley hade högst överlevnad av alla provenienser, men signifikant högre bara jämfört med Caycuse River och Bowser Heaman. Provenienser i odlingstesterna hade sitt ursprung från latituder mellan 48° N och 52° N. I försök på Irland (Wicklow 53° N) hade kustprovenienser högre överlevnad jämfört med de från inlandet från hög höjd, då dessa drabbades hårt av försommarfrost (Lally & Thompson 1998). I vår

studie var skadorna av försommarfrost lindriga och påverkade inte överlevnaden.

Resultaten visade god överensstämmelse med tidigare proveniensförsöks resultat efter 9 år, anlagda på Tönnersjöhedens försökspark (Martinsson & Kollenmark 2001).

Höjd

Medelhöjden var signifikant lägre efter sex tillväxtsäsonger hos plantorna av inlandsproveniensen Three Valley än för fröplantageplantorna med föräd-

lat material, Bowser Heaman. I övrigt fanns inga signifikanta skillnader i medelhöjd mellan de olika provenienserna, vilket gör att det från denna studie inte går att dra några slutsatser om att kust- och inlandsprovenienserna skulle skilja sig åt i höjdtillväxt under de första åren. I den här studien var överlevnaden dessutom lägst för plantorna av proveniensen Bowser Heaman, vilket gör att man bör vara försiktig med var denna planteras även om den har hög tillväxtpotential då den klarar sig.

Tidigare resultat från Tyskland, Bulgarien och Danmark antydde att douglasgran med ursprung från inlandet troligtvis inte når samma tillväxt som de mer snabbväxande kustprovenienserna (Kleinschmidt & Bastien 1992, Hansen et al. 2005, Petkova et al. 2014). I vår studie var överlevnaden högre för lokaler med varmare klimat (högre Tsum) för både kust- och inlandsproveniens, men höjdtillväxten verkade bara förbättras för kustprovenienserna medan inlandsprovenienserna växte ungefär på samma sätt på alla lokaler.

Skador

Kustprovenienserna drabbades i högre grad av vinterfrosttorka jämfört med de från inlandet. Skadorna uppkom framför allt under senvinter och tidig vår, efter en period med soliga och varma dagar och nätter med låga temperaturer. På många håll var det barmark eller endast ett tunt snötäcke och tjälen var djup. Ett sannolikt orsakssamband var att plantornas ovanjordsdelar väcktes till liv under soliga dagar och började transpirera men att vattenupptagningen inte fungerade eftersom rötterna var inaktiva i tjälad mark (Hannerz 1994). Det vi inte med säkerhet har kunnat fastställa var orsaken till de stora skillnaderna mellan kust- och inlandsprovenienserna. Att plantorna drabbades i varierande omfattning kan ha många orsaker såsom genetiska skillnader, lokalklimatiska variationer, varierande snötäcke, beskuggning, mm. Det går inte heller att utesluta att skadorna uppkommit tidigare under höst och vinter, men att symptomen uppträder först på våren. En tänkbar förklaring kan vara att kustprovenienserna har en senare invintring, som en anpassning till det klimat de kommer ifrån (Rehfeldt 1977). Malmqvist et al. (2016) visade att kustproveniens, samma som använts i denna studie, utvecklade frystolerans i rötter och skott senare på hösten jämfört med inlandsproveniens. Skador på grund av sen invintring kan möjligt förklara att dessa plantor i större utsträckning påverkades av den vinterfrosttorka som uppstod följande vår.

Under andra halvan av april 2011 inträffade en period med varmt väder som följdes av flera nätter med temperaturer under noll grader i början av maj. In-

landsprovenienserna i proveniensförsöket på Tönnersjöheden hade då startat sin skottskjutning (Malmqvist et al. 2018) och blev skadade i högre utsträckning jämfört med de från kusten, undantaget proveniensen Lady Smith som också drabbades hårt. Skador till följd av försommarfroster var dock inte dödande. Jönsson et al. (2004) och Langvall (2011) betonade en ökad risk för skador av försommarfrost som en följd av klimatförändringarna. Ett sätt att minska riskerna kan vara att plantera under hög- eller lågskärm eller att plantera i sluttningar (Newsome et al. 1990, Langvall 2000).

Övriga skador såsom vilt och okända orsaker förekom i ungefär lika stor omfattning oberoende av proveniens. Rekommendationen till markägarna var att behandla mot vilt varje höst, men eftersom det var olika personal vid utförandet och olika viltskyddsmedel som användes är någon utvärdering svår att göra. Dessutom var lokalerna spridda geografiskt över ett stort område i Götaland där trycket av betande djur varierar. Trots allt klarade sig plantorna relativt bra från skador av vilt med undantag för 2010 års plantering efter 1 år i fält, då 13–24 % av plantorna fick svåra skador, d.v.s. toppskottet var betat med en tillväxtnedsättning som följd.

Om skadornas orsak inte var tydliga klassades de som okända och eftersom inventeringar inte gjordes varje höst var det ibland svårt att fastställa orsak. Även här återfanns de flesta skador av allvarlig art under inventeringen efter 1 år för de plantor som planterades 2010. Den tidpunkten hade flest svåra skador men det var svårt att ge någon möjlig förklaring till detta, speciellt som det drabbade alla proveniens i ungefär samma utsträckning.

Fortsatt arbete

Det är av mycket stort värde för skogsbruket i södra Sverige att arbetet med att hitta lämpliga proveniens för södra Sverige fortgår. På plantskolor i södra Sverige är urvalet av douglasgranproveniens begränsat. Det finns oftast kustproveniens eller förädlat material från Danmark med ursprung från kustnära lokaler i nordvästra USA att tillgå.

De proveniens med ursprung från inlandet som finns att tillgå kan ibland vara alltför hårdiga för södra Sverige, vilket kan göra att tillväxten blir lägre än om en anpassad proveniens för förhållanden som råder i Götaland fanns tillgänglig.

Plantmaterial som borde testas är danskt förädlat material från områden med frostproblematik och material från kusten i British Columbia som är utvalda för högre hårdighet.

Slutsatser

I stora delar av Götaland är det risk för avgångar om man inte använder tillräckligt hårdiga proveniens

för vårt klimat. Därför är inlandsprovenienser troligen att föredra. Undantag för detta är gynnsamma klimatzoner främst i sydligaste Sverige och till viss del kustnära områden.

Denna studie har inte påvisat skillnader i tidig tillväxt mellan olika provenienser eller om de kommer från kusten eller inlandet.

Inlandsprovenienser drabbades i större utsträckning av skador från försommarfrost som oftast inte var dödliga men nedsättande på vitalitet och tillväxt. Tidigare studier har visat att plantering under hög- eller lågskärm eller i en slutning kan minska riskerna.

När många plantor i Småland under vårvintern 2013 fick skador av vinterfrosttorka drabbades kustprovenienser av douglasgran hårdare än de från inlandet. Orsaken kan vara skador föregående höst, vilket ger ytterligare fog för en rekommendation att använda de hårdigare inlandsprovenienserna med tidigare invintring i stora delar av Götaland.

Referenser

- Hansen, J.K., Wellendorf, H. & Kjaer, E.D. 2005. Low cost improvement of Coastal Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (Mirb.) Franco) by application of the breeding seed orchard approach in Denmark. *Silvae Genet.* 54(4-5): 218 – 225.
- Hansen, J.K. (2007). Dyrkningssikker Douglasgran – en evaluering af försög med douglasgranfrökilder. Skov & Landskab. Köbenhavns Universitet.
- Hannerz, M. (1994). Damage to Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst] seedlings caused by a late spring frost. Technical report, Skogforsk-R-5-94. Forestry Research Institute of Sweden, Uppsala, page 1-19.
- Isaac-Renton, M.G., Roberts, D.R., Hamann, A. & Spiecker, H. 2014. Douglas-fir plantations in Europe: a retrospective test of assisted migration to address climate change. *Global change biology*. Volume: 20 Issue: 82607-2617
- Jönsson, A.M., Linderson, M-L., Stjernquist, I., Schlyter, P. & Bårring, L. 2004. Climate change and the effect of temperature backlashes causing frost damage in *Picea abies*. *Global and Planetary Change*. 44:195-207.
- Kleinschmit, J. & Bastien, J.C. 1992. IUFRO's role in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) tree improvement. *Silvae Genet.* 41(3): 161-173.
- Konnert, M. & Ruetz, W. 2006. Genetic aspects of artificial regeneration of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in Bavaria. *European Journal of Forest Research*. 125(3): 261-270.
- Lally, M. & Thomson, D. 1998. Best seed origins for Douglas-fir. Coillte Research and Development, Information note. No 17. Newtownmountkennedy, Co. Wicklow.
- Langvall, O. 2000. Interactions between near-ground temperature and radiation, silvicultural treatments and frost damage to Norway spruce seedlings. Swedish University of Agricultural Sciences Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Silvestria 330:1-34
- Langvall, O. 2011. Impact of climate change, seedling type and provenance on the risk of damage to Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings in Sweden due to early summer frosts. *Scand. J. For. Res.* 26: 56–63.
- Lundmark, T., Bergh, J., Hofer, P., Lundström, A., Nordin, A., Poudel, B.C., Sathre, R., Taverna, R. & Werner, F. 2014. Potential Roles of Swedish Forestry in the Context of Climate Change Mitigation. *Forests*. 5:557-578.
- Malmqvist, C., Wallin, E., Lindström, A. & Säll, H. 2017. Differences in bud burst timing and bud freezing tolerance among interior and coastal seed sources of Douglas fir. *Trees*. 31:1987. doi:10.1007/s00468-017-1603-x
- Martinsson, O. & Kollenmark, R. 2001. Tillväxt och överlevnad i familjetest av Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) åtta eller nio år efter anläggning i södra och mellersta Sverige: Growth and survival in family tests of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) eight or nine years after establishment in southern and central Sweden. Umeå, Sveriges lantbruksuniversitet. Swedis University of Agricultural Sciences. (In Swedish with English summary).
- Newsome, T.A., Sutherland, D.C. & Vyse, A. 1990. Establishing Douglas fir plantations in the dry belt of interior British Columbia. In: Interior Douglas-fir, the species and its management, symposium proceedings.
- O'Neill, G.A., Adams, W.T., & Aitken, S.N. 2001. Quantitative genetics of spring and fall cold hardiness in seedlings from two Oregon populations of coastal Douglas-fir. *For Ecol Manage.* 149: 305 – 318.
- Perttu, K. & Morén, A.-S. 1994. Regional temperature and radiation indices and their adjustment to horizontal and inclined forest land. Technical Report. Uppsala, Sveriges lantbruksuniversitet. *Studia forestalia Suecica*; 194
- Petkova, K., Ruetz, W., Popov, E. & Tasheva, S. 2008. Nachkommenschaftprüfung amerikanscher, deutscher und bulgarischer Douglasienbestände auf Prüfflächen in Bulgarien. Testing of American, German and Bulgarian Douglas-fir progenies in experimental plantations in Bulgaria. *Austrian Journal of Forest Science*, 125(2): 135-156. (in German with English summary).
- Petkova, K., Georgieva, M. & Uzunov, M. 2014. Investigation of Douglas-fir provenance test in North-Western Bulgaria at the age of 24 years. *Journal of Forest Science*. 60 (7): 288 – 296.
- Rehfeldt, G.E 1977. Growth and cold hardiness of intervarietal hybrids of douglas-fir. *Appl. Genetics* 50: 3. doi:10.1007/BF00273790
- Wallertz, K., Frisk, J., Johansson, U. & Örlander, G. 2013. Odlingstester och proveniensförsök med douglasgran i Södra Sverige. Dokumentation av etablering och tidig utveckling för planteringar 2009 och 2010. Sveriges lantbruksuniversitet. Enheten för skoglig fältforskning. Rapport 6. Asa. (In Swedish with English summary).