

Frystestning av sydsvenskt granplantagematerial

Karl-Anders Högberg



Omslag: Frystestade plantor vecka 40.

Foto: Karl-Anders Högberg

Ämnesord: Frystest, gran, hårdighet, plantager

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plant-skolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogs-bruket 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.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien **Arbetsrapport** dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt. Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat. Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse. Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report. Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar. Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

ISSN 1404-305X

Förord

Plantagematerial av gran är en bristvara i södra Sverige och alla tillskott är välkomna. Nya plantager anlades under 1980-talet och har gett ökad tillgång till förädlad material. En av dessa plantager, som redan producerar frö, är plantage 501 Bredinge på Öland, ägd av Södra. För att få kunskap om hur detta granmaterial utvecklas i hårdighet under hösten gav Södra i uppdrag till SkogForsk att studera detta närmare. Eftersom undersökningen har bäring på andra granplantager, både redan producerande och sådana som förväntas producera inom en snar framtid, beslutades i samråd med Södra att publicera arbetet i SkogForsks serie Arbetsrapporter.

Innehåll

Inledning.....	3
Material och metoder.....	3
Resultat	6
1999.....	6
2000.....	11
Frövik och planthöjd	15
Diskussion.....	16
Slutsatser.....	17
Referenser.....	17
Bilaga 1 Försöksmetodik och plantornas utseende efter frystestning.....	19

Inledning

Av den mängd granplantor som planteras i södra Sverige varje år är endast en mindre del förädlade. Flera orsaker finns till detta förhållande. Gran är ett trädslag som kännetecknas av sen och nyckfull blomning och tillgången på frö från de äldre plantager som anlades under 1950–60-talen har varit dålig. Dessutom har lika stora genetiska vinster erhållits genom proveniensförflyttning från Östeuropa, främst Vitryssland, Baltikum och Polen.

Under de senaste åren har en yngre granplantage, 501 Bredinge (Skogsstyrelsens rikslängd), nått fröproduktionsfasen och nyfikenheten på hur detta nya skogsodlingsmaterial fungerar är stor. Klonerna i plantagen är uteslutande valda i svenska bestånd med mestadels östeuropeiskt ursprung. Den övervägande delen av klonerna har polskt eller vitryskt ursprung. Idén bakom detta urval var att skaffa ett material som skjuter sent på våren och därmed undvika vårens och försommarens frostnätter.

När det gäller beteendet på hösten är den logiska följd av ett sådant urval att invintringen förskjuts till en senare tidpunkt på hösten. Sen skottskjutning på våren är ofta förknippad med sen invintring, det senare naturligtvis en följd av att materialet inte reagerar lika snabbt på att dagslängden förkortas under sensommaren. Vinsterna med proveniensförflyttningar söderifrån förklaras också till en del med en förlängd tillväxtperiod under hösten och att frostrisken under denna period är liten.

Bredingeplantagen har skördats under några år och vid ett tillfälle har höstfrostsador på ettåriga plantor konstaterats i plantskolan. Skadorna var av begränsad omfattning, men väcker förstås frågor om hur plantmaterial från Bredinge förhåller sig till andra material under invintringen.

Detta är bakgrunden till att Södra AB gav SkogForsk i uppdrag att frystesta plantor uppdragna från Bredingefrö, tillsammans med andra material, för att bedöma frosthårdighetens utveckling under den första och andra hösten.

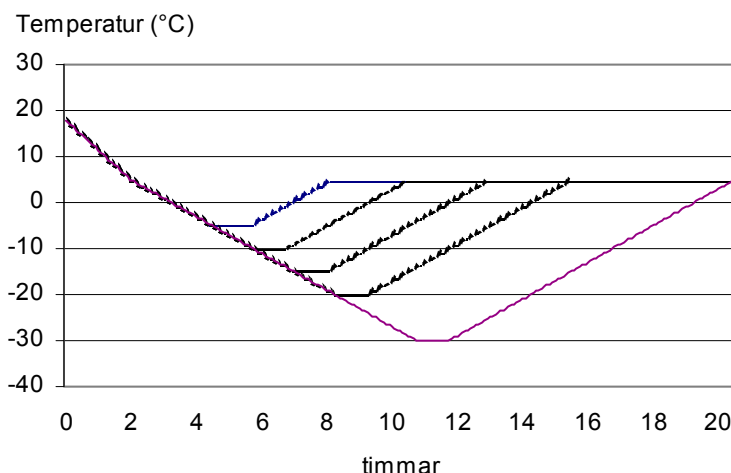
Material och metoder

Fyra plantmaterial inkluderades i studien, som utfördes vid SkogForsk i Ekebo: plantagera 501 Bredinge och 68 Slogstorp och beståndsmaterialen Vitebsk (vitrysk proveniens) och Emmaboda.

Materialen såddes 26 maj 1999 i växthus i två olika containersystem, BCC V-93 SS respektive BCC V-310. Plantorna flyttades till friland 30 juli. En månad senare flyttades hälften tillbaka till växthuset och utsattes för långnattsbehandling, 8 timmar dag och 16 timmar natt. Långnattsbehandlingen avslutades den 27 sept och dessa plantor flyttades då ut på friland. För att undvika kanteffekter omringades alla försöksplantor av odlingskassetter med granplantor under hela odlingen.

Frystester genomfördes 1999 på plantor i BCC V-93 SS. Såväl plantor från friland som långnattsbehandlade plantor frystestades vid tre tillfällen under 1999: 20–24 sept (vecka 38), 4–8 okt (vecka 40) och 18–22 okt (vecka 42).

Frystestning gjordes samma veckor år 2000 vilket innebär att datumen försköts två dagar (18–22 sept, 2–6 okt och 16–20 okt). Varje försöksenhet utgjordes av 10 plantor vilket motsvarar en rad i odlingskassetten, raderna (=plantmaterialen) randomiserades inom kassett vid sådden. Medelvärde av dessa 10 plantor utgjorde en observation. Frystesterna genomfördes i fyra programmerbara frysboxar (TEFCOLD) som programmerades till måltemperaturer på respektive -5°C , -10°C , -20°C och -30°C . Temperaturprogrammen återges i figur 1. Varje behandlingskombination av plantmaterial, fotoperiod, frystemperatur och frystidpunkt upprepades 4 gånger.



Figur 1.
Frysförlopp vid olika måltemperaturer. Kurvan för -15°C gäller frystesterna 2000.

Före frysning isolerades substratdelen med polystyrenskivor för att undvika att rötterna skadades av låga temperaturer. Efter frysning ställdes plantorna i ett svalt växthus och en visuell skadebedömning gjordes efter två veckor. Skadorna bedömdes i en 10-gradig skala, 0–9 där 0 betecknade helt oskadade barr och 9 betydde att alla barr var skadade.

På våren 2000 visade otestade plantor symptom på barrskador, synligt genom rödfärgning av barren. Märkligt nog var skadorna betydligt kraftigare i den glesare odlingen än i de överskjutande plantor från 1999 års frystest som stod på samma plats. Efter kontroll visade det sig att det var angrepp av möss, tämligen allvarliga angrepp dessutom, och beslut fattades att omskola plantor i BCC V-93 till BCC V-310, med fortsatt särhållande av plantor som långnattsbehandlats resp. ej långnattsbehandlats 1999. Eftersom färre plantor ingick i varje försöksenhet med den större behållaren räckte de överblivna plantorna för att kunna genomföra en fullständig testning 2000.

Plantorna som omskolats till BCC V-310 frystestades år 2000, enligt samma tidsschema som året innan men med 3 plantor som försöksenhet och -5°C , -15°C , -20°C och -30°C som måltemperaturer. Medelvärde av de tre plantorna i försöksenheten utgjorde en observation. På grund av ett missförstånd användes ett program där måltemperaturen -15°C hade bytts ut mot -10°C för de två första upprepningarna av respektive fotoperiod.

För att förbättra materialets anpassning till normalfördelningen transformeras medelvärdena för skadegraden före statistisk analys enligt formeln:

$$y_{trans} = \arcsin(y^{0.5})$$

där y_{trans} = transformerat skadevärde och y = ej transformerat skadevärde uttryckt som visuell skadegrad dividerad med 10.

Den statistiska bearbetningen gjordes veckovis enligt följande modell för variansanalys:

$$y_{ijkl} = m + f_i + s_j + t_k + e_{ijkl}$$

där y_{ijkl} = transformerat skadevärde, m = medelvärde, f_i = fix effekt av fotoperiod i , s_j = fix effekt av material j , t_k = fix effekt av temperatur och e_{ijkl} = slumpmässigt fel.

Därefter gjordes variansanalys för resp. fotoperiodbehandling och vecka enligt modellen:

$$y_{jkl} = m + s_j + t_k + e_{jkl}$$

med samma beteckningar som ovan.

Signifikanstester gjordes av skillnader mellan material för varje tidpunkt och temperatur genom beräkning av konfidensintervall på nivån $p < 0,05$.

Planthöjden analyserades enligt följande statistiska modell:

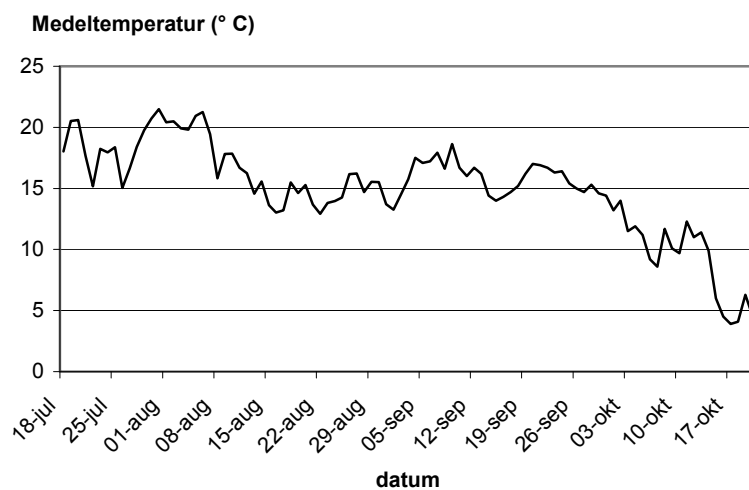
$$y_{ijk} = m + f_i + s_j + e_{ijk}$$

med samma beteckningar som ovan. Precis som för visuell skada utgjordes en observation av ett medelvärde av de plantor som ingick i en försöksenhet. Signifikanstester gjordes som ovan.

Resultat

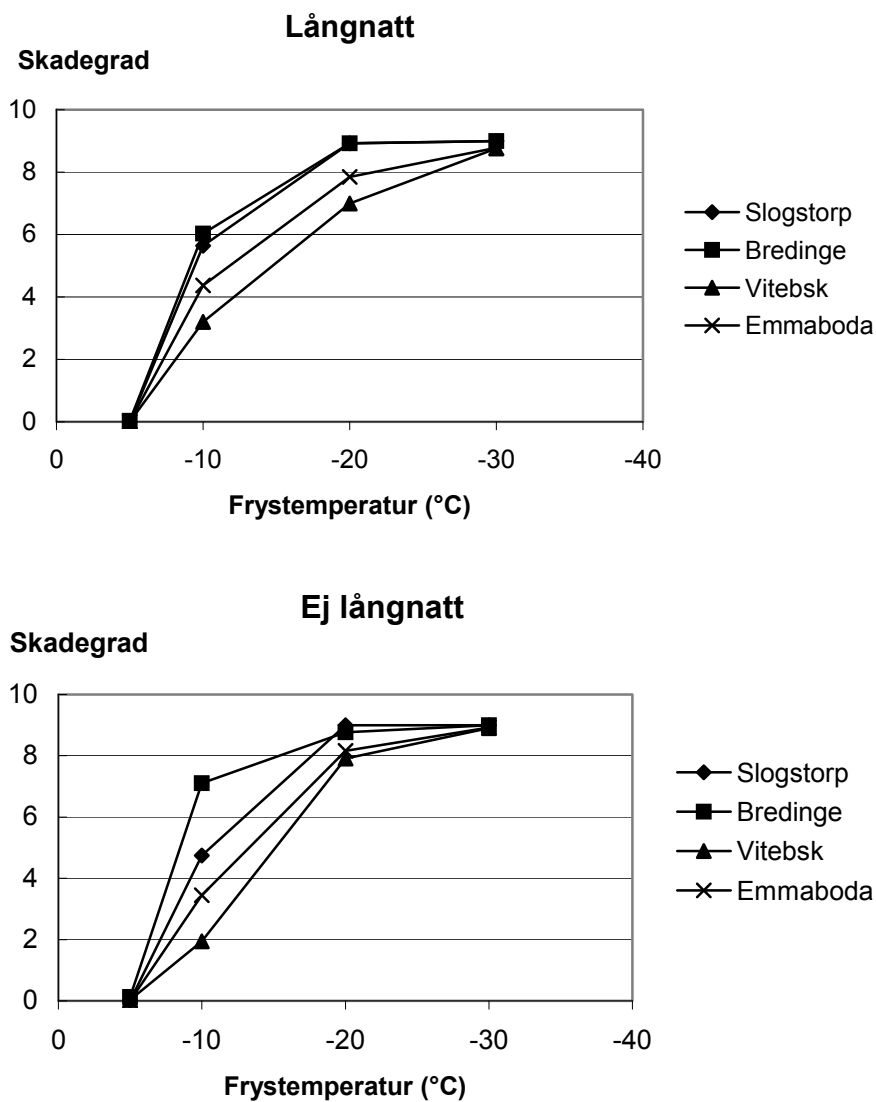
1999

Dygnsmedeltemperaturen under augusti och september 1999 låg på ca 15°C, med små avvikelser. Först i månadsskiftet september/oktober ändrades bilden med en sänkning till 10°C (figur 2).



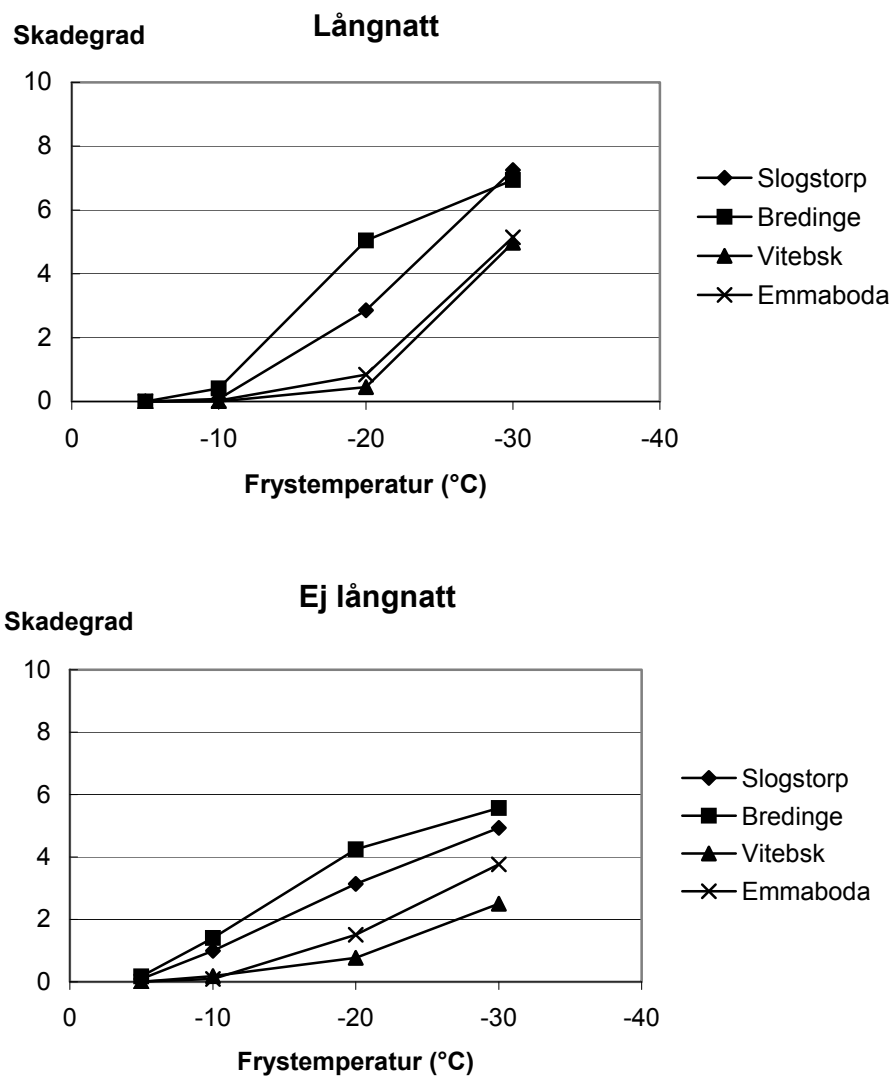
Figur 2.
Dygnsmedeltemperaturen under sommaren/hösten 1999.

Vecka 38 erhöles ganska kraftiga skador redan vid -10°C , både för långnattsbehandlade och ej långnattsbehandlade (figur 3). Skillnaden mellan Bredinge och mätarna var signifikant på 0,05-nivån. Vid -20°C var samtliga material känsliga, fortfarande med signifikanta skillnader mellan plantage- och beståndsmaterial. Långnattsbehandling hade ingen signifikant effekt.



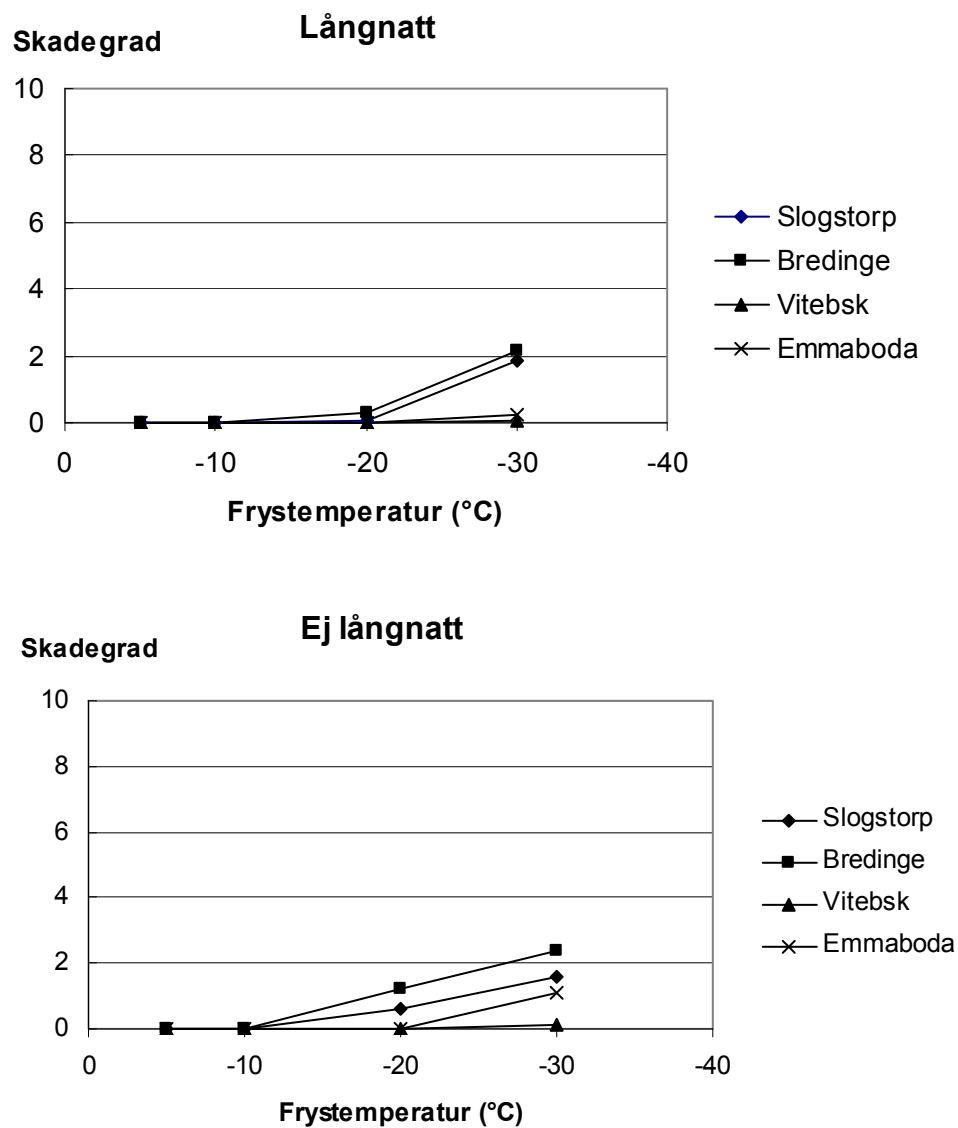
Figur 3.
Resultat av frystest vecka 38 (20–24 sept) 1999.

Vid vecka 40 hade hårdigheten utvecklats så att skador uppträdde först vid -20°C (figur 4). Fortfarande är plantagematerialen signifikant mer skadade än beståndsmaterialen. Långnattsbehandlade plantor var signifikant mer hårdiga än ej långnattsbehandlade plantor vid denna tidpunkt.



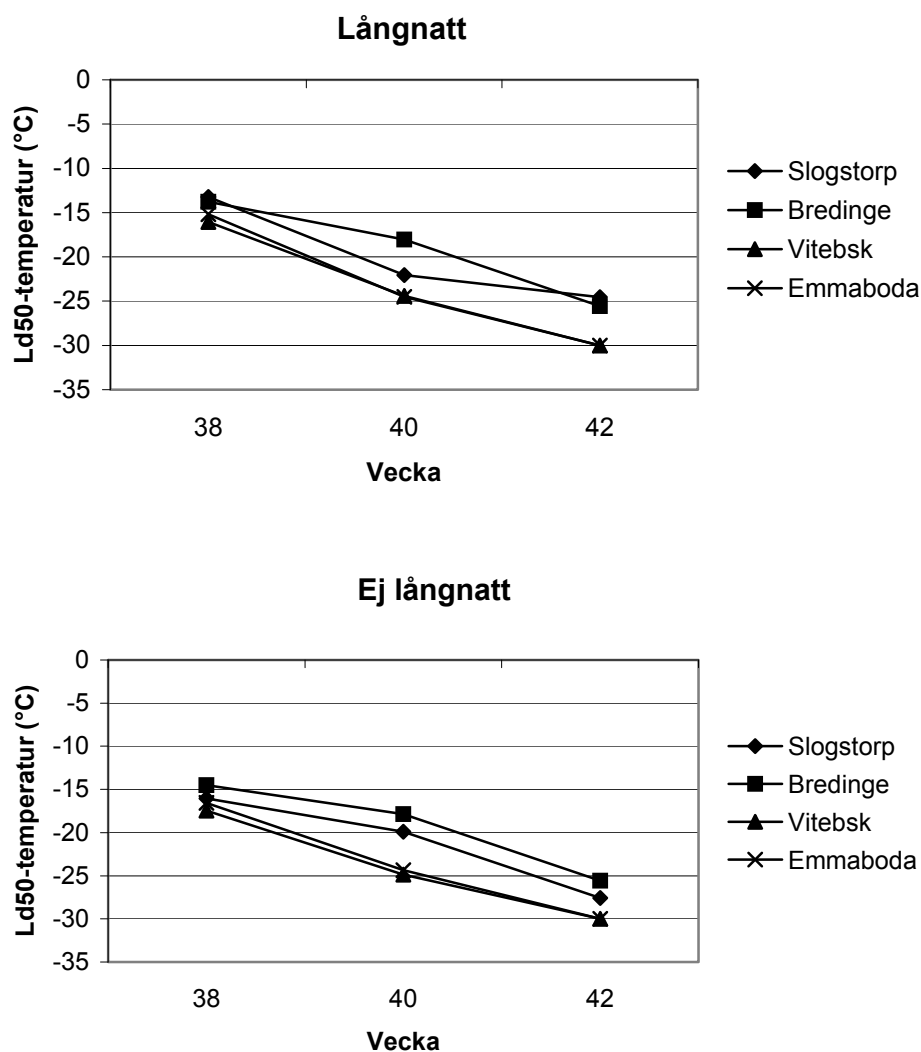
Figur 4.
Resultat av frystest vecka 40 (4–8 okt) 1999.

Vid den senaste frystesttidpunkten, vecka 42, visade sig skador först vid -30°C , och då endast för plantagematerialen (figur 5). Beståndsmaterialen klarade denna temperatur så gott som utan synliga skador. Långnattsbehandling hade ingen signifikant effekt.



Figur 5.
Resultat av frystest vecka 42 (18–22 okt) 1999.

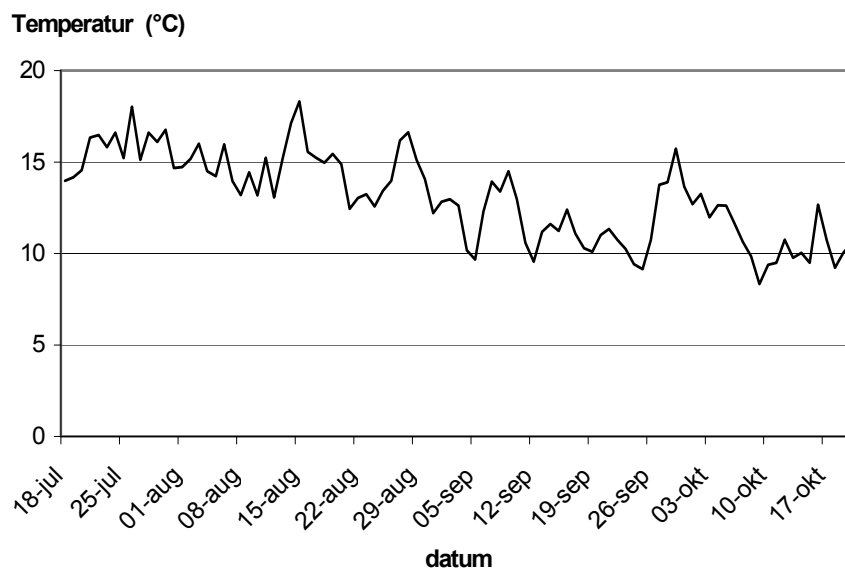
För att uttrycka hårdighetsutvecklingen över tiden har ett Ld50-värde beräknats för varje material och tidpunkt. Ld50-värdet är den temperatur vid vilken halva barrmängden hos försöksenheten skadats (10 plantor). Den högsta klassen för barrskada sattes till 9 och totalt 10 klasser användes vilket gör att en skadegrad på 4,5 ger temperaturen som motsvarar Ld50-värdet. Av figur 6 framgår att skillnaden mellan materialen är störst vecka 40 (början av oktober) och att Breddinge är känsligast. Skillnaden kan uttryckas som att Breddinge-materialet låg drygt en vecka efter beståndsmaterialen i hårdighetens utveckling, medan Slogstorp intar en mellanposition. Långnattsbehandling påverkade inte hårdighetsutvecklingen påtagligt.



Figur 6.
Hårdighetsutveckling under hösten 1999.

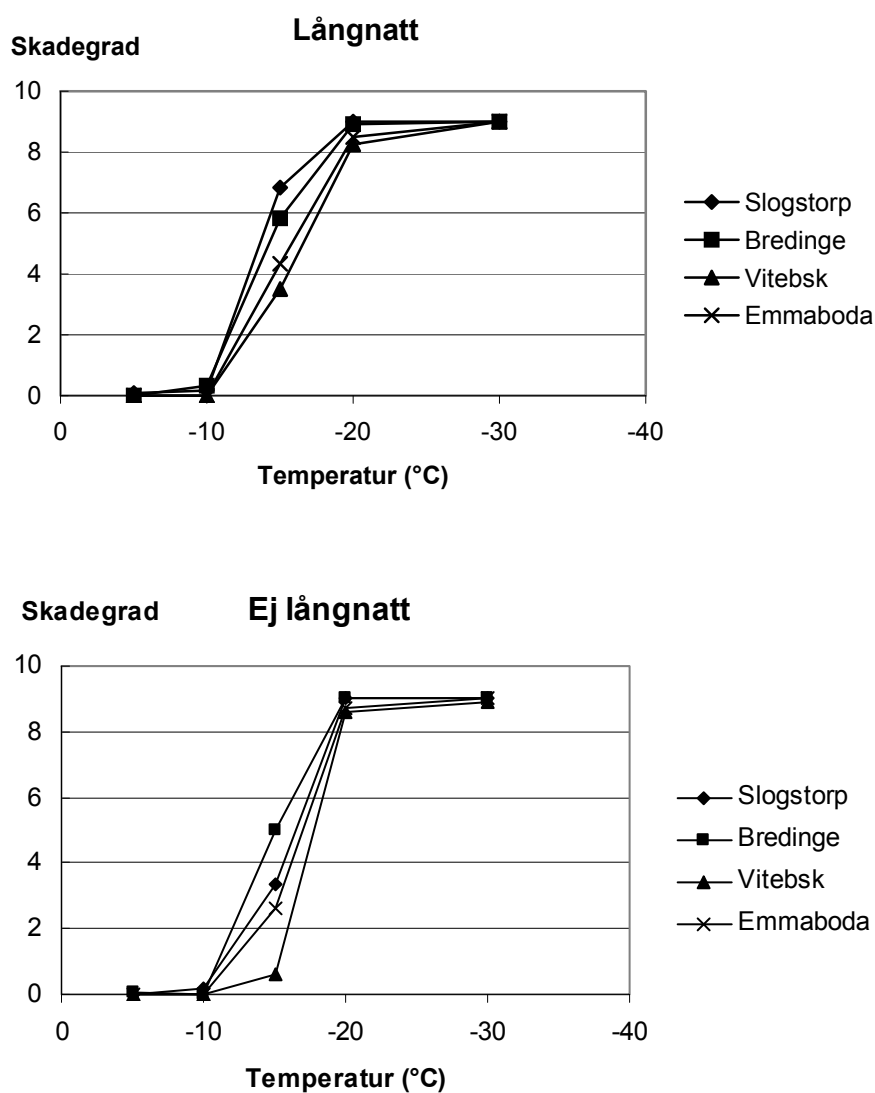
2000

Dygnsmedeltemperaturen under augusti och september 2000 visade ett sakta avtagande från ca 15°C, men med större fluktuationer än 1999. Månadsskiftet september/oktober blev mildt med en veckolång period då dygnsmedeltemperaturen uppgick till 13–14°C (figur 7).



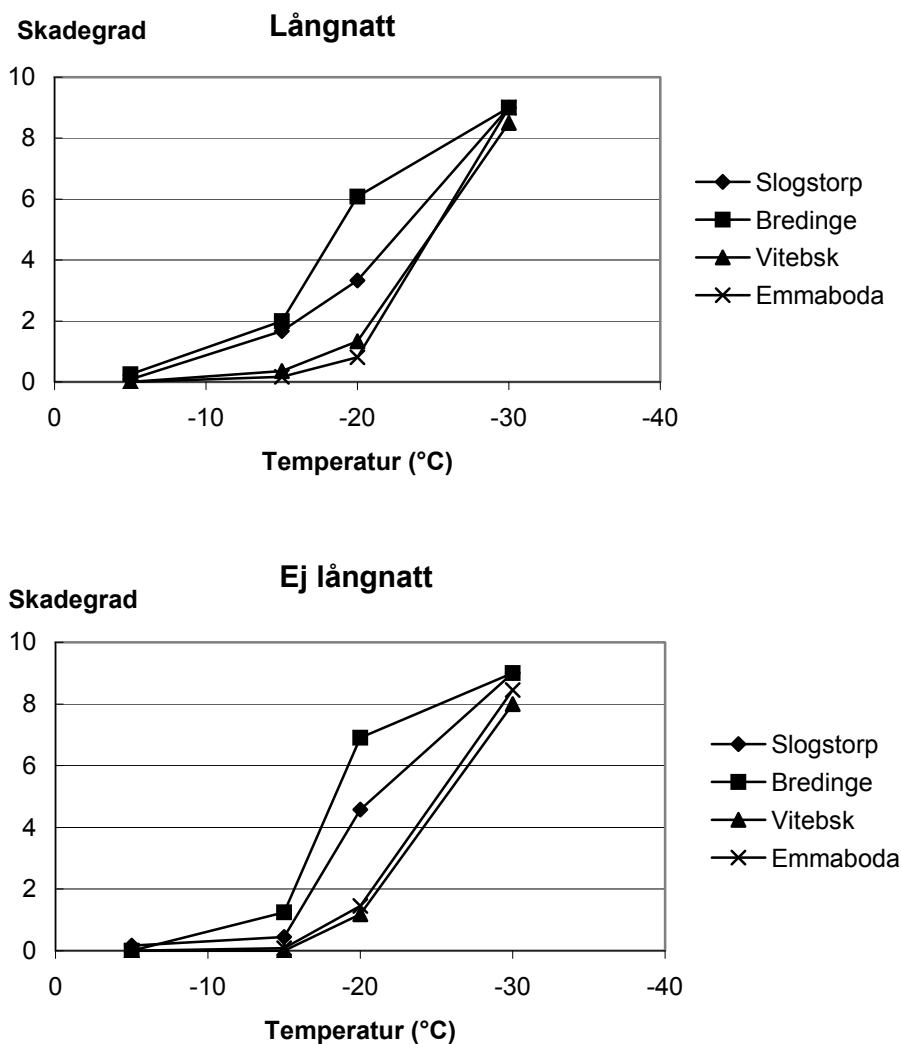
Figur 7.
Dygnsmedeltemperaturen under sommaren/hösten 2000.

Under vecka 38 observerades skillnader mellan materialen endast vid -15°C med plantagematerialen som de känsligaste. Skillnaderna var inte signifikanta. Inte heller långnattsbehandling gav signifikanta skillnader.



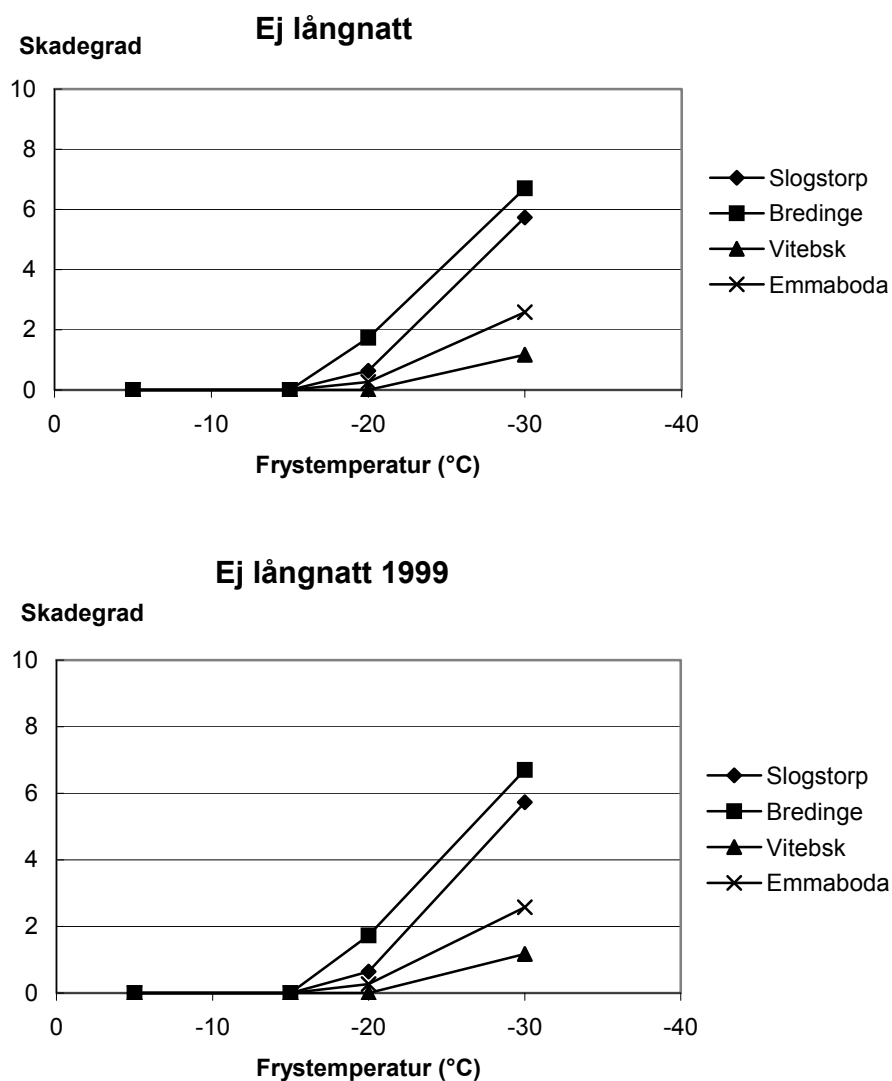
Figur 8.
Resultat av frystest vecka 38 (18–22/9) 2000. Långnatt respektive ej långnatt i figuren indikerar behandlingen 1999.

Vecka 40 gav precis som under 1999 en god upplösning mellan materialen vid ca -20°C och återigen visade plantagematerialen största skadorna. Långnatts-behandling gav inga signifikanta skillnader.



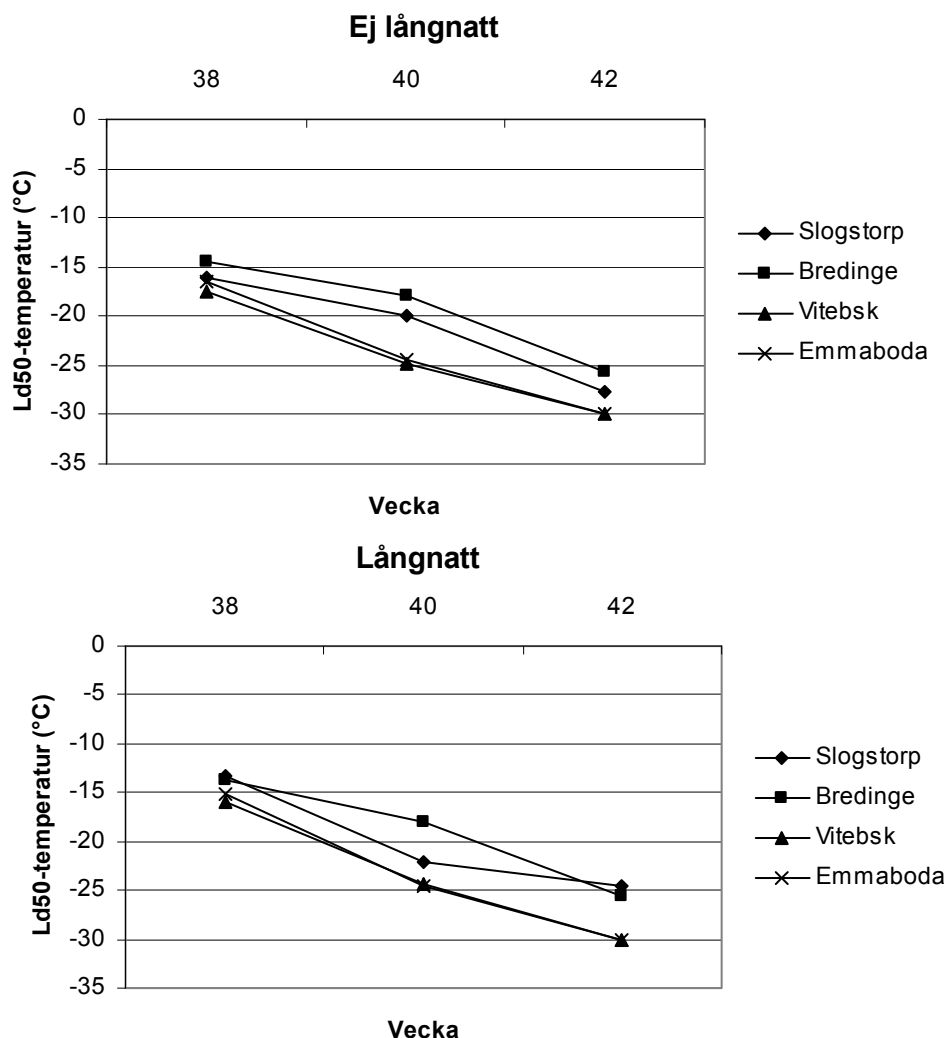
Figur 9.
Resultat av frystest vecka 40 (2–6 okt) 2000. Långnatt respektive ej långnatt i figuren indikerar behandlingen 1999.

Även vecka 42 erhöles signifikanta skillnader enligt samma mönster men nu med störst upplösning vid -30°C . Långnattsbehandling 1999 gav inga signifikanta skillnader vid denna tidpunkt..



Figur 10.
Resultat av frystest vecka 42 (16–20/10) 2000. Långnatt respektive ej långnatt i figuren indikerar behandlingen 1999.

Skillnaderna i hårdighetsutveckling, uttryckt i Ld50-värden, mellan materialen blev något mindre än 1999. Av figur 9 framgår att skillnaden mellan materialen är störst i början av oktober (vecka 40) även år 2000. Bredinge tenderade att vara känsligast men skillnaderna är dock mindre än 1999. Långnattsbehandlingen har inte haft någon effekt på hårdighetsutvecklingen under andra året.



Figur 11.
Hårdighetsutveckling under hösten 2000.

Frövik och planthöjd

Stora skillnader i frövik mellan plantagefrö och beståndsfrö konstaterades i en förstudie med samma fröpartier (Högberg 1998) (Tabell 1). Efter första året var också plantagefröplantorna signifikant högre än beståndsfröplantorna, även om skillnaden var förhållandevis liten i absoluta tal (Tabell 1). De ej långnattsbehandlade plantorna var högre än de långnattsbehandlade, men skillnaden var inte riktigt signifikant på 0,05-nivån ($p=0,068$). Som tvååriga plantor, efter tillväxtavslutningen 2000, fanns en signifikant skillnad kvar, mellan Slogstorp och Vitebsk. Genomsnittligt var dock plantageplantorna högre än beståndsplantorna också andra året.

Tabell 1.

Frösvikt och planthöjder efter tillväxtavslutningen 1999 respektive 2000.

Olika bokstäver anger signifikant skillnad i planthöjd ($p < 0,05$).

Fröparti	Tusenkorntvikt (g)	Höjd 1999 (mm)	Höjd 2000 (mm)
Slogstorp	8,60	127a	446a
Bredinge	7,70	129a	441ab
Vitebsk	6,16	93b	377b
Emmaboda	5,33	106b	385ab

Diskussion

Av frystestresultaten står det klart att de båda plantagematerialen har haft en senare hårdighetsutveckling än beståndsmaterialen. Såväl 1999 som 2000 kom detta starkast till uttryck kring månadsskiftet september/oktober. Vid denna tid låg plantagematerialen ungefär en vecka senare i hårdighet (figurerna 6 och 11).

Överraskande nog har långnattsbehandling inte påverkat hårdighetsutvecklingen. Förklaringen kan ligga i att långnattsbehandlingen gjorts i växthus och att temperaturen då legat högre än på friland. Eftersom temperaturen spelar roll i hårdighetsprocessen (t.ex. Repo 1992), kan detta ha motverkat en positiv effekt på hårdighetsutvecklingen av långnattsbehandling. Analyserna av planthöjden visade att långnattsbehandlingen haft signifikant effekt på tillväxtavslutningen, även om de absoluta skillnaderna var små. Plantorna har alltså reagerat men skillnader i hårdighetsutveckling som en följd av långnattsbehandling uteblev.

Plantagematerialens senare hårdighetsutveckling kan orsakas av flera faktorer, men det ligger nära till hands att förklara en stor del av den som en effekt av frövikten. Normalt är en fröeffekt tydlig det första året men avtar successivt under de första åren. Med nästan samma mönster för hårdighetsutvecklingen båda åren pekar det mot att frövikten inte varit den enda faktorn bakom resultatet.

Den genetiska faktorn är sålunda också inblandad och med tanke på dominansen av polska kloner i Bredingeplantagen är det rimligt att anta att detta material medför att hårdigheten utvecklas något långsammare än ett svenskt material. Det kan nämnas i sammanhanget att plantage 68 Slogstorp innehåller mestadels sydsvenska kloner, ofta från bestånd med kontinentalt ursprung. Det mesta tyder på att den senare hårdighetsutvecklingen hos plantagematerialen är en kombinationseffekt av fröfysiologi och genetik.

Ett beståndsmaterials ursprung är en joker i leken. Allt fler bestånd har anlagts med granmaterial från kontinenten i söder och öster, vilket innebär att sannolikheten ökar för att frö som plockas i svenska bestånd rent genetiskt kan ha andra egenskaper än "äkta" svenska. Även om beståndet bevisligen är av svenskt ursprung kan ändå mycket pollen komma från bestånd av sydligare/östligare ursprung. Skillnaden i hårdighetsutveckling mellan det svenska och vitryska beståndsmaterialet var näst intill obefintlig, trots att frövikten var lägre för det svenska materialet. Detta stöder argumentationen att såväl fysiologiska faktorer, t.ex. frösvikt, som genetiska faktorer är betydelsefulla (Hannerz och Westin, 2000).

Hårdighetsutvecklingen är i figurerna 6 och 10 uttryckt i den temperatur där hälften av barren dödas. En frostskada av betydligt mindre omfattning kan naturligtvis ändå få negativa ekonomiska konsekvenser. I denna studie finns inget som tyder på att materialens inbördes förhållande i hårdighetsutveckling skulle ändras om skadekriteriet sänks.

Att direkt översätta köldhårdighet i frystest till hårdighet i fält är inte att rekommendera. Betingelserna i fält påverkas av betydligt fler faktorer, temperaturförloppet vid en frost kan skilja sig markant från den som testas, inte minst exponeringstiden. Även andra faktorer som fuktighet, ljus m.m. spelar roll. Trots denna reservation kan man ändå konstatera att alla material föreföll betydligt hårdiga vecka 42 (mitten av oktober) både 1999 och 2000. Under vecka 38 (mitten av september) 1999 uppträdde allvarliga skador vid -10°C men inte vid -5°C . Plantagematerialen var i detta fall känsligare än beståndsmaterialen och det kan sålunda vara på sin plats att vara särskilt vaksam under tidiga frostnätter vid odling av plantagematerial.

Slutsatser

Hårdigheten hos plantagematerialen utvecklas senare än beståndsmaterialen både som ettåriga och tvååriga plantor.

Det är sannolikt att såväl skillnader i frövikttillväxt som skillnader i genetik ligger bakom resultatet.

Vilken praktisk betydelse har då de uppmätta skillnaderna i hårdighet? Troligen inte speciellt stor, men det finns en något större risk att plantagematerialen kan drabbas av frostnätter i plantskolan under tidig höst. Särskild uppmärksamhet bör riktas mot sena sådder.

Det är tveksamt om införande av långnattsbehandling är försvarbart med tanke på den förhållandevis lilla skillnaden. Andra sätt att skydda plantmaterialet mot tidiga froster, t. ex. vattenbegjutning eller täckning med fiberväv, är troligen bättre lösningar.

Riskerna vid höstplantering torde vara små med tanke på att de kärvare förhållandena i fält leder till en snabbare hårdighetsutveckling än i en plantskola.

Referenser

- Hannerz, M. & Westin, J. 2000. Growth cessation and autumn-frost hardiness in one-year-old *Picea abies* progenies from seed orchards and natural stands. Scand. J. For. Res. 15: 309–317.
- Högberg, K.-A. 1999. Hårdighet hos granplantagematerial i södra Sverige. Arbetsrapport nr 417. SkogForsk, Uppsala.
- Repo, T. Seasonal changes of frost hardiness in *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in Finland. Can. J. For. Res. 22: 1949–1957.

Försöksmetodik och plantornas utseende efter frystestning



Figur 1.
De ettåriga granplantorna i sin odlingskassett före frystestning.



*Figur 2.
Specialtillverkad låda med dubbla polystyrenskikt för isolering av rotklumpen.*



*Figur 3.
Odlingskassetten nedsänkt i isoleringslådan.*



*Figur 4.
Ribbor av polystyren läggs i ett lager ovanför rotklumpen.*



*Figur 5.
Ytterligare ett lager polystyrenribbor läggs på i 90°vinkel mot de föregående.*



*Figur 6.
Översiktsbild över försöksplantorna efter frysning.
Frystestade plantor vecka 38 längst bort, vecka 40
i mitten och vecka 42 närmast. Ju längre till höger
plantorna står, desto lägre frystemperatur har de
utsatts för.*



*Figur 7.
Frystestade plantor vecka 38. Rad 1 och 3 från
vänster var långnattsbehandlade, rad 2 och 4 var ej
långnattsbehandlade.*



*Figur 8.
Frystestade plantor vecka 40. Rad 1 och 3 från
vänster var långnattsbehandlade, rad 2 och 4 var ej
långnattsbehandlade.*



*Figur 9.
Frystestade plantor vecka 42. Rad 1 och 3 från
vänster var långnattsbehandlade, rad 2 och 4 var ej
långnattsbehandlade.*