

ISSN 1608-3687

Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar
Nr. 16
október 2002

**Jólatrjáaframleiðsla fjallapins
(*Abies lasiocarpa*) á Norðurlöndunum**

**I. Prófun á laufgun og
vorfrostþoli níu kvæma**

Höfundar:

Brynjar Skúlason
Øyvind Meland Edvardsen

Akureyrardeild Mógilsár, Rannsóknastöð Skógræktar
Búgarður – Óseyri 2, 603 Akureyri

Ritnefnd Rits Mógilsár skipa:

Aðalsteinn Sigurgeirsson
Ólafur Eggertsson
Haukur Ragnarsson

Ritstjóri: Hreinn Óskarsson
Ábyrgðarmaður: Aðalsteinn Sigurgeirsson

1 SAMANTEKT

*Brynjar Skúlason og Øyvind M. Edvardsen 2002. Jólatrijíaframleiðsla fjallapins (*Abies lasiocarpa*) á Norðurlöndunum - I. Prófun á laufgun og vorfrostþoli níu kvæma. Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar nr. 16./2002. 19 s.*

Prófun á frostþoli fjallapins er hluti af samnorrænu verkefni sem hefur að markmiði að finna hentug kvæmi og ræktunaraðferðir til framleiðslu úrvals jólatrijía og jólagreina af fjallapin (*Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt.). Prófað var vorfrostþol 9 kvæma og þróaðar aðferðir við frystingu og greiningu laufgunarstigs og frostskemda. Fyrsta frysting fór fram þegar fyrsta kvæmið sýndi merki um lífnun og síðan var fryst með viku millibili í alls þrjú skipti. Sprotar voru klipptir af plöntum í Bergen í Noregi, 6., 12. og 19. apríl og fluttir til Möðruvalla til frystingar. Fryst var við -12 og -18°C þann 6. apríl en -12 og -6°C 12. og 19. apríl. Þann 12. apríl var meðal laufgunarstig á hliðarbrumum 0,3 en í toppbrumi einungis 0,03. Þrátt fyrir svo lágt laufgunarstig urðu talsverðar skemmdir við -18°C en afar litlar á brumum og vef við -12°C . Frysting við -12°C þann 19. apríl gaf góða aðgreiningu á kvæmum í öllum vefjagerðum sprotans (nálum, brumum og vef) en þá var laufgunarstig hliðarbruma um 1,5 og laufgunarstig toppbruma kringum 1. Aðferðirnar sem notaðar voru við greiningu og flokkun laufgunarstigs og skemda hentuðu vel. Nauðsynlegt er að nota aðskilið mat á nálum, brumum og vef þar sem ólíkir hlutar sprotans hafa mismunandi frostþol á hverjum tíma. Laufgunarstig hentar til að tímasetja frystingu og ákvarða frostálag til að fá sem besta aðgreiningu kvæma m.t.t. frostþols. Nauðsynlegt er að frysta við fleiri hitastig til að geta beitt áreiðanlegri tölfræðiaðferðum við úrvinnslu gagna.

*Lykilorð: Frostþol, lífnun, laufgunarstig, fjallapinur, *Abies lasiocarpa*, vorfrost, frostskemdir, kal.*

2 SUMMARY

Brynjar Skúlason og Øyvind M. Edvardsen 2002. Subalpine fir (Abies lasiocarpa) for Christmas tree production in the Nordic countries - I. Frost tolerance and budburst of nine provenances. Icelandic Forest Research Report no. 16./2002. 19 pp.

Testing of frost hardiness was a part of a Nordic research project with the aim of identifying suitable provenances and cultivation methods for producing quality Christmas trees and greenery of subalpine fir (*Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt.). Spring frost tolerance was tested on nine subalpine fir provenances in order to develop testing techniques and to determine the relationship between different stages of budburst and the extent of damage after exposure to different freezing temperatures. Four tests were done, the earliest when the first provenance showed signs of bud swelling, after which freezing was done weekly. Shoots were collected in Bergen, Norway, on April 6th, 12th and 19th and transported to Möðruvellir, Iceland, for testing. Freezing was done at -12 and -18 °C for the shoots collected on April 6th and at -6° and -12°C on the other dates. On April 12th the mean budburst stage on side shoots was 0.3, but 0.03 on the terminal leader (based on a scale of 1-4, where 0 = no swelling, 1 = start of swelling and 4 = start of shoot elongation). Despite this very low stage of budburst, severe frost damage was observed after freezing at -18 °C, but little damage was observed to buds and stem tissue at exposed to -12 °C. Freezing at -12°C on April 19th gave good resolution between the provenances in damage to all three tissue types (needle-, bud- and stem-tissue). At that time the mean budburst stage on side shoots was 1.5 and about 1 for the terminal leader. We conclude that the methods used to score budburst stage and damage were suitable. It is necessary to score damage separately to needles, buds and shoot tissue, since they vary in frost tolerance at each date. Budburst stage is useful in determining when to freeze-test and at which temperatures to use, in order to get a good resolution between provenances. However, It is also necessary to test at more than two temperatures, in order to be able to use more reliable statistical methods.

Key words: Frost hardiness, freezing tolerance, budburst, subalpine fir, Abies lasiocarpa, spring frost, frost damage, freeze-test.

EFNISYFIRLIT

1	SAMANTEKT	2
2	SUMMARY	3
3	INNGANGUR.....	5
4	EFNI OG AÐFERÐIR.....	5
4.1	KVÆMI.....	5
4.2	SÖFNUN SPROTA.....	6
4.3	MAT Á LAUFGUN.....	7
4.4	FROSTPOLSPRÓFUN.....	7
4.5	MAT Á FROSTSKEMMDUM.....	7
4.6	ÚRVINNSLA GAGNA.....	8
5	NIÐURSTÖÐUR.....	8
5.1	LAUFGUN.....	8
5.2	FROSTPOL.....	10
5.3	SAMBAND LAUFGUNAR OG FROSTSKEMMDA.....	14
6	UMRÆÐA.....	16
6.1	EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR.....	16
6.2	LAUFGUN OG FROSTPOL.....	16
6	ÁLYKTANIR.....	17
7	ÞAKKIR.....	18
8	HEIMILDIR.....	19

3 INNGANGUR

Árið 1999 hófst þriggja ára norrænt samstarfsverkefni undir nafninu "Abies lasiocarpa for Christmas tree production in the Nordic countries". Verkefnið er samstarf milli norskra, íslenskra, danskra og finnskra vísindamanna og hefur að markmiði að finna hentug kvæmi og ræktunaraðferðir til að framleiða úrvals jólatré og jólagreinar af fjallapín (*Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt.) (Madsen og Sigurgeirsson 1998). Í verkefninu er prófaður vöxtur, þrif, frostþol og ýmsir mikilvægir jólatrjáeiginleikar mismunandi kvæma frá norskri og danskri fræsöfnun í Bandaríkjunum og Kanada. Auk þess eru gerðar tilraunir með áburðargjöf, illgresiseyðingu, plöntugerðir, þol gegn glyfosat og barrheldni. Sú frostþolsprófun sem hér er lýst var forrannsókn sem var framkvæmd á níu kvæmum frá Colorado, New Mexico, Arizona, Utah, Wyoming og British Columbia. Þessi forrannsókn mun skapa grundvöll að mun umfangsmeiri rannsókn á vor- og haustfrostþoli fjallapínkvæma frá New Mexico í suðri til Yukon í norðri í lok verkefnistímans.

4 EFNI OG AÐFERÐIR

4.1 Kvæmi

Átta mismunandi kvæmi úr norskri fræsöfnun í Bandaríkjunum og Kanada frá 1994 (nr. 1-22) auk viðmiðunarkvæma (nr. 22-53) voru frostþolsprófuð. Um var að ræða fimm ára berrótarplöntur sem ræktaðar voru hjá norsku skógrannsóknarstöðinni í Bergen, Noregi (Nisk-Bergen). Sáð var beint í beð utandyra og voru plönturnar ræktaðar þar án dreifsetningar. Fyrir vikið voru plönturnar frekar smáar þegar tilraunin var gerð vorið 1999.

Tafla. 1. Kvæmayfirlit. *List of provenances* (Stavrum og Johnskås 1995).

Nr	Svæði	Kvæmi	Staðsetning	Hæð yfir sjó
1	Rio Grande N.F. Colorado	Spruce Hole	106°25'W 37°06'N	3150 m
4	Cibola N.F. New Mexico	La Mosca	107°35'W 35°16'N	3200 m
5b	Gila N.F. New Mexico	Bearwallow Mt.	108°40'W 33°27'N	2950 m
8b	Coconio N.F. Arizona	Agassiz Peak	111°42'W 35°20'N	3000 m
11	Fishlake N.F. Utah	Big Lake	111°57'W 38°39'N	2870 m
15	Routt N.F. Colorado	Rabbit Ears Pass	106°33'W 40°22'N	2900 m
21b	San Isabel N.F. Colorado	Apishapa River	105°30'W 37°25'N	3250 m
22	Santa Fe N.F. New Mexico	Cerro Pavo	106°32'W 36°03'N	2900 m
22-53	British Columbia	Inzana Lake	124°52'W 55°03'N	1050-1150 m

4.2 Söfnun sprota

Til að frostþolsprófanir skili tilætluðum árangri þarf tímasetning frystingar og frostálagið að vera rétt til að fá hæfilega miklar skemmdir eða svipað hlutfall skemmdra og óskemmdra sprota. Starfslið NISK í Bergen fylgdist með plöntunum. Fyrsta frostþolsprófunin af þremur fór fram þegar fyrsta kvæmið sýndi greinileg merki um að það væri að losna úr vetrardvala (laufgunarstig 1: brum lítillega byrjuð að þrútna). Prófunin var gerð á sprotum sem klipptir voru af plöntunum í gróðrarstöðinni. Sömu plönturnar voru notaðar í öll þrjú skiptin sem fryst var, en klippt frá mismunandi greinakrönsunum. Greinarnar voru teknar frá efstu greinakrönsunum og reynt var að taka frá sama krans fyrir hverja prófun fyrir sig. Toppurinn var ekki notaður en toppbrum og hliðarbrum hafa mismunandi frostþol á hverjum tíma. Toppbrumin lifna gjarnan seinna á vorin en hliðarbrumin. Sprotarnir sem klipptir voru fyrir greiningarnar voru geymdir í lokuðum plastpokum, merktum með nafni og númeri kvæmis. Pokunum var síðan pakkað í kassa úr einangrunarplasti ásamt kælihyli og þeir sendir með flugi til Íslands daginn eftir klippingu.

Tafla 2. Tímasetning söfnunar og frostþolsprófunar sprota. *Table 2. Time of collection and freeze testing of shoots.*

	A Klipping í Bergen	B Frysting á Möðruvöllum	Δ AB	C Mat á skemmdum	Δ BC
1. prófun	06. apríl	08.-09. apríl	2	23. apríl	14
2. prófun	12. apríl	15.-16. apríl	3	30. apríl	14
3. prófun	19. apríl	21.-22. apríl	2	19. maí	19

Lögð var áhersla á að frostþol sprotanna héldist á leiðinni frá gróðrarstöðinni þar til kom að frystingu á Möðruvöllum. Það sýndi sig að umbúðirnar dugðu til að halda sprotunum svölum í þrjú daga. Líklegt er að fjallapínur missi frostþol mjög hratt í hlýju veðri (5°C að meðaltali á viku hjá norðlægum kvæmum rauðgrenis í ræktunarskáp (Øystein Johnsen munnl. heimild)).

4.3 Mat á lifnun (laufgunarstigi)

Laufgunarstig var skráð í þrjú skipti auk þess að skráning fór fram á sama tíma og sprotarnir voru klipptir. Mat á laufgunarstigi var gert á sömu plöntum og sprotarnir voru klipptir af. Laufgunarstig var metið

bæði á toppbrumi og hliðarbrumum á þeim greinkransi sem sprotarnir voru klipptir af. Laufgunarstig á hliðarbrumum var metið sjónrænt sem meðaltal fyrir öll brumin í greinakransinum.

Laufgunarstig var metið samkvæmt eftirfarandi skala (Kruttsch 1973):

- 0 = brum í dvala, engin brumþrútnun
- 1 = brum lítillega byrjuð að þrútna
- 2 = brum þrútin, komin með gráan og grágrænan lit
- 3 = brumhlífin rofin, grænar nálar vaxa út frá brumhlífinni
- 4 = nálarnar hafa vaxið frá brumhlífinni og lengdarvöxtur er hafinn

4.4 Frostpolsprófun

Frostpolsprófunin fór fram í Kalstofunni á Möðruvöllum í Hörgárdal. Fryst voru níu kvæmi, í tíu endurtekningum við tvö mismunandi hitastig. Í fyrsta skiptið var fryst við -12 og -18°C . Í tvö síðari skiptin var fryst við -6 og -12°C . Sprotarnir voru prófaðir í tölvustýrðri frystikistu og hitinn látinn lækka um 2°C á klukkustund. Sprotarnir voru úðaðir með vatni fyrir frystinguna til að koma í veg fyrir undirkælingu í frystiferlinu og hafðir í plastpokum á meðan á prófuninni stóð. Þegar hitastigið hafði lækkað niður að hærra hitastiginu var helmingur sprotanna tekinn úr kistunni og færður yfir í aðra kistu sem stillt var á -2°C . Þegar lægra hitastiginu var náð var hinn hluti sprotanna einnig færður í kistu sem stillt var á -2°C og geymdur þar í fjórar klukkustundir. Síðan fengu allir sprotarnir að þiðna við 5°C . Eftir þiðnun var sprotunum stungið í fjölpottabakka sem voru fylltir með ræktunarmold og síðan komið fyrir í þokuúðun í næstum 100% raka, u.þ.b. 20°C og ljósi allan sólarhringinn. Skemmdirnar urðu sýnilegar eftir viku en sprotarnir voru geymdir í þokuúðun í tvær vikur til að skemmdirnar yrðu sem greinilegastar.

4.5 Mat á frostskegmdum

Eftir 14 daga í þokuúðun voru skemmdir á nálum, brumum og vef sprotanna metnar.

Nálaskemmdir voru metnar á kvarða frá 0 – 11 (Johnsen 1989)

- 0 = engar sjáanlegar skemmdir
- 1 = um 10 % brúnar eða mislitar nálar
- 2-10 = tíu % munur á milli flokkanna
- 11 = allar nálar algjörlega brúnar

Þegar mat á nálaskemmdum var lokið var sprotinn klofinn eftir

endilöngu til að meta vef- og brumskemmdir.

Brumskemmdir voru metnar á kvarða frá 0 – 3 (Edwardsen 1995)

0 = engar sjáanlegar skemmdir

1 = brúnn flekkur neðst í bruminu (lítilsháttar skemmd)

2 = einhver brum skemmd

3 = öll brum skemmd

Vefskemmdir voru metnar á kvarða frá 0 –11 (Johnsen 1989)

0 = engar sjáanlegar skemmdir

1 = um 10 % af vef sprotans er brúnn

2-10 = 10 % munur á milli flokkanna

11 = allur vefur sprotans algjörlega brúnn eða svartur

Skemmdir voru einungis metnar á fimm efstu sentimetrum sprotans. Mislitun sem átti upphaf sitt neðst á sprotanum var ekki metin sem frostskeidd ef sprotinn var annars óskeiddur. Mismunandi blæbrigði græna litarins var metið sem frískur vefur.

4.6 Úrvinnsla gagna

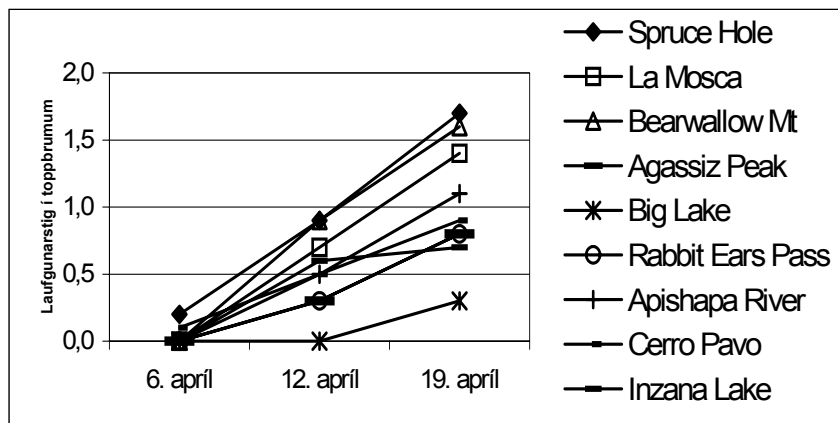
Við úrvinnslu á frostskeiddum var notaður „glm“ hluti tölfræðiforritsins SPSS (V.6.1.3; SPSS Inc.). Þar sem einungis var um 10 endurtekningar að ræða urðu frígráðurnar jafnframt fáar og því þarf að skoða niðurstöðurnar út frá því. Ástæðan fyrir svo fáum endurtekningum er að plönturnar sem sprotarnir voru klipptir af voru of fáar og smáar þegar prófið fór fram.

5 Niðurstöður

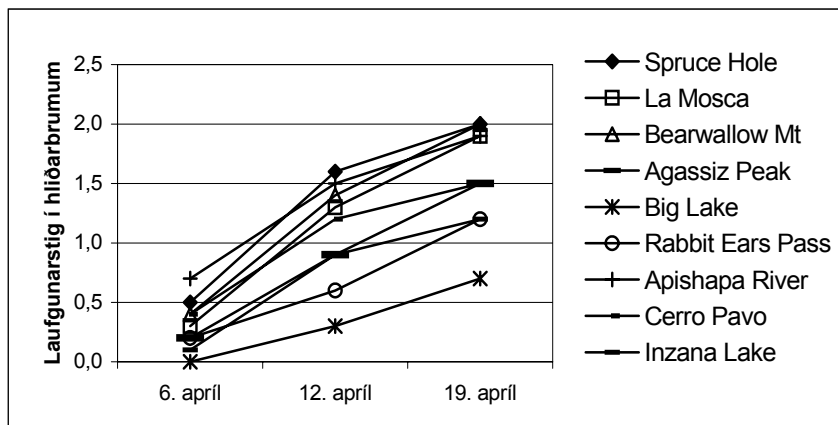
5.1 Lifnun (laufgunarstig)

1. og 2. mynd sýna þróun lifnunar frá 6. til 19. apríl. Þann 6. apríl sýndu plönturnar í Bergen lítil merki um lifnun. *Bearwallow Mountain* og *Rabbit Ears Pass* voru einu kvæmin þar sem nokkrar plöntur voru með lítilsháttar þrútin toppbrum (laufgun 1). Plöntur allra kvæma að undanskildu *Big Lake* voru með lítilla þrútin hliðarbrum (laufgun 2). Viku síðar, þann 12. apríl, mátti sjá þrútnun á bæði hliðar- og toppbrumum hjá plöntum allra kvæmanna nema *Big Lake* sem ekki sýndi þrútnun í toppbrumum. Ein planta af kvæminu *Cerro Pavo* hafði þrútið og grágrænt toppbrum (laufgun 2) á þessum tíma. Á sama tíma höfðu öll kvæmin að undanskildum *Big Lake* og *Inzana Lake* höfðu hins

vegar þrútin og grágræn hliðarbrum (laufgun 2). h Þann 19. apríl voru toppbrum kvæmisins Big Lake þrútin (laufgun 1) en engar plöntur þessa kvæmis höfðu fengið grágræn, þrútin hliðarbrum (laufgun 2). *Big Lake* og *Inzana Lake* voru einu kvæmin þar sem engin planta hafði náð laufgunarstigi 2 á toppbrumi hinn 19. apríl.



1. mynd. Laufgunarstig metið á toppbrumum samtímis klippingu sprota til frostþolsprófunar. *Bud burst measured on the terminal leader bud at collection time of shoots for freeze testing.*



2. mynd. Laufgunarstig metið á hliðarbrumum samtímis klippingu sprota til frostþolsprófunar. *Bud burst measured on side buds at collection time of shoots for freeze testing.*

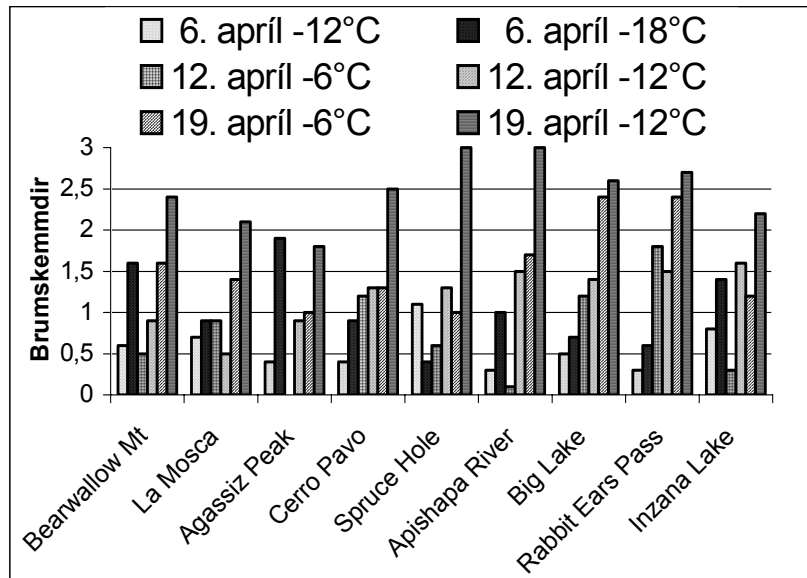
Fervikagreining leiddi í ljós að kvæmin laufguðust missnemma bæði í toppbrumi og hliðarbrumum. Í 3. töflu er kvæmunum raðað eftir laufgunarstigi. *Big Lake* lifnaði áberandi seinna en önnur kvæmi.

Tafla 3. Röðun og flokkun kvæma eftir laufgunarstigi. *Ranking and grouping of provenances regarding earliness.*

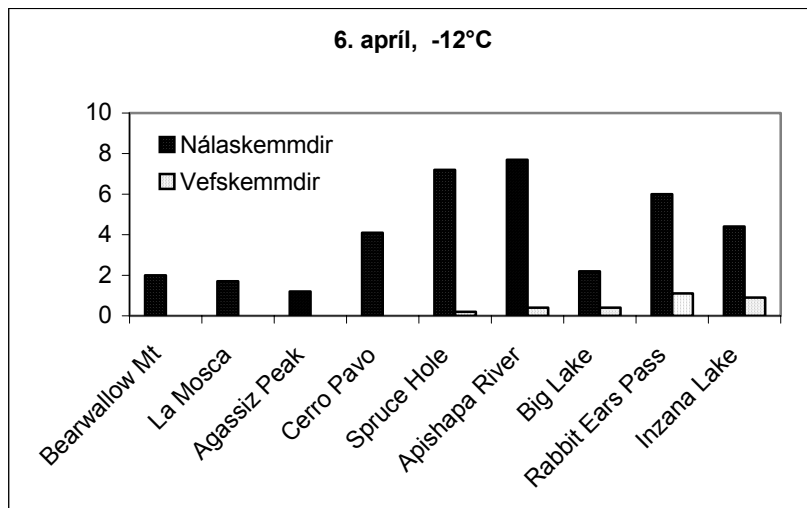
Röðun	Kvæmi	Flokkun
1	Spruce Hole	Snemma
2	Bearwallow Mountain	Snemma
3	Apishapa River	Snemma
4	La Mosca	Snemma
5	Cerro Pavo	Meðal
6	Agassiz Peak	Meðal
7	Inzana Lake	Meðal
8	Rabbit Ears Pass	Meðal
9	Big Lake	Seint

5.2 Frostþol

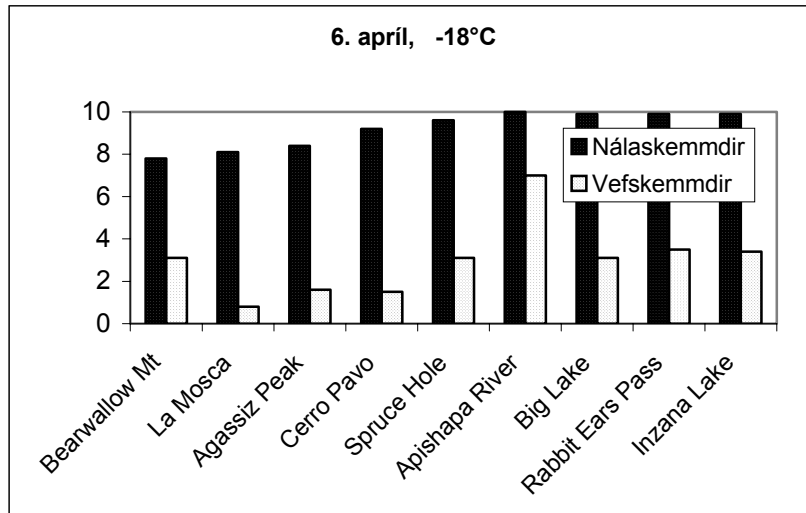
Yfirlit yfir frostskemdir má sjá á 3. til 7. mynd. Þann 6. apríl höfðu kvæmin umtalsvert frostþol. Á þessum tíma sýndu fá kvæmi merki um brumþrútnun. Litlar skemmdir urðu á vef sprotanna við -12°C , þrátt fyrir að nálar sumra kvæmanna yrðu fyrir miklum skemmdum. Við -18°C urðu hins vegar öll kvæmin fyrir um 80-100% nálaskemmdum og verulegar skemmdir urðu í vef. Litlar brumskemmdir urðu við -12°C en einstök kvæmi fengu talsverðar brumskemmdir við -18°C . Vegna þeirra miklu skemmda sem urðu við -18°C var ákveðið að nota -6 og -12°C við næstu tvö próf. Kvæmin skemmdust nánast ekkert við -6°C þann 12. og 19. apríl. Hins vegar fékkst góð aðgreining á efniviðnum við -12°C . Við prófunina 12. apríl fengust ennþá óverulegar vefskemmdir þrátt fyrir að nálaskemmdir væru verulegar. Eftir 12. apríl minnkar frostþolið verulega og 19. apríl urðu verulegar frostskemdir bæði í nálum og vef. Það kom skýrt fram í öllum prófunum að nálarnar höfðu minna frostþol en vefurinn að vori. Þann 12. apríl voru brumskemmdir litlar en þó misjafnlega litlar eftir kvæmum við -12°C . Þann 19. apríl skemmdust brum allra kvæmanna verulega við -12°C . Einstök kvæmi fengu miklar brumskemmdir við -6°C .



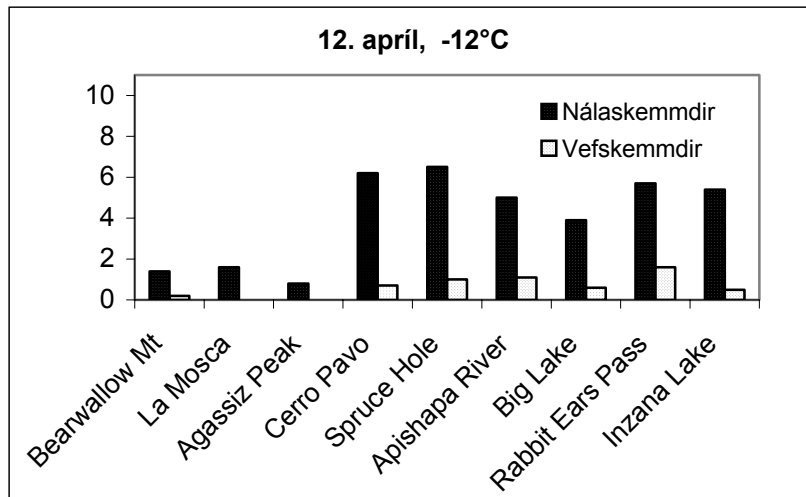
3. mynd. Brumskemmdir við mismunandi frostálag þann 6., 12. og 19. apríl. *Bud damage at different test temperatures the 6th, 12th and 19th of April.*



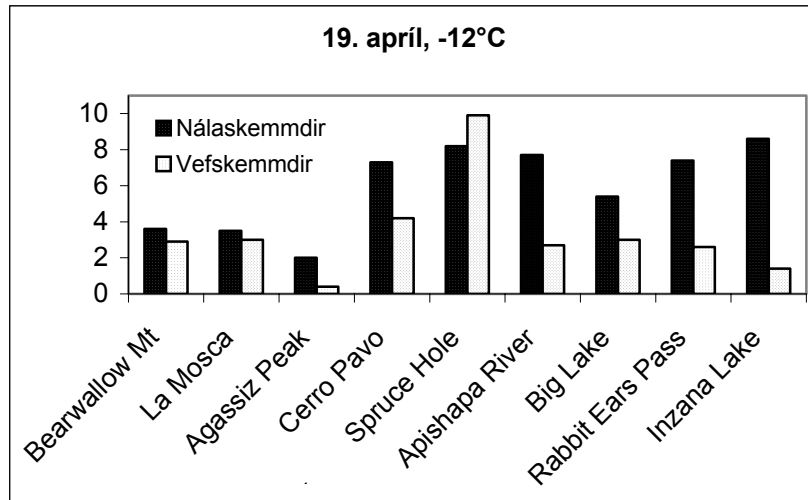
4. mynd. Nála- og vefskemmdir við -12°C þann 6. apríl. *Needle- and tissue damage at -12°C the 6th of April.*



5. mynd. Nála- og vefskemmdir við -18°C þann 6. apríl. *Needle- and tissue damage at -18°C the 6th of April.*



6. mynd. Nála- og vefskemmdir við -12°C þann 12. apríl. *Needle- and tissue damage at -12°C the 12th of April.*



7. mynd. Nála- og vefskemmdir við -12°C þann 19. apríl. *Needle- and tissue damage at -12°C the 19th of April.*

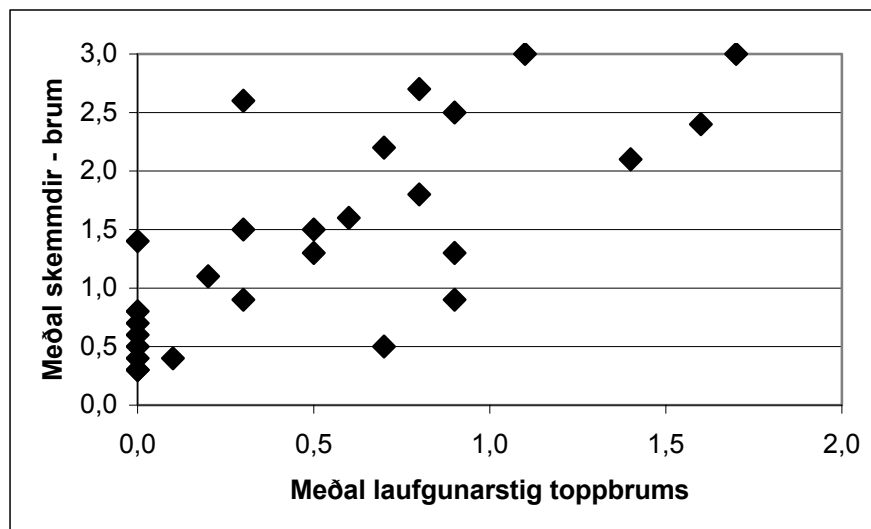
Í frostpolsprófuninni kom fram greinilegur kvæmamunur á skemmdum á nálum og vef. Lítil kvæmamunur var á skemmdum á toppbrumi en samt marktækur. Í töflu 4 er kvæmunum raðað upp eftir frostpöli. Kvæmin raðast svipað m.t.t. mismunandi skemmda ef undan er skilið kvæmið Sruce Hole sem hefur litlar skemmdir á brumum en mestar skemmdir á nálum og vef.

Tafla 4. Röðun kvæma eftir frostpöli í nálum, vef og brumum. *Ranking of provenances with respect to frost hardiness in needles, cambial tissue and buds.*

Röð	Nálar	Röð	Vefur	Röð	Brum
Agassiz Peak	2,08	Agassiz Peak	0,33	Agassiz Peak	1,00
La Mosca	2,50	La Mosca	0,63	La Mosca	1,08
Bearwallow Mt.	2,58	Bearwallow Mt.	1,03	Spruce Hole	1,23
Big Lake	3,58	Inzana Lake	1,03	Inzana Lake	1,25
Cerro Pavo	4,52	Cerro Pavo	1,07	Bearwallow Mt.	1,27
Inzana Lake	4,92	Big Lake	1,18	Cerro Pavo	1,27
Rabbit Ears Pass	4,98	Rabbit Ears Pass	1,47	Apishapa River	1,27
Apishapa River	5,15	Apishapa River	1,87	Big Lake	1,47
Spruce Hole	5,42	Spruce Hole	2,37	Rabbit Ears Pass	1,55

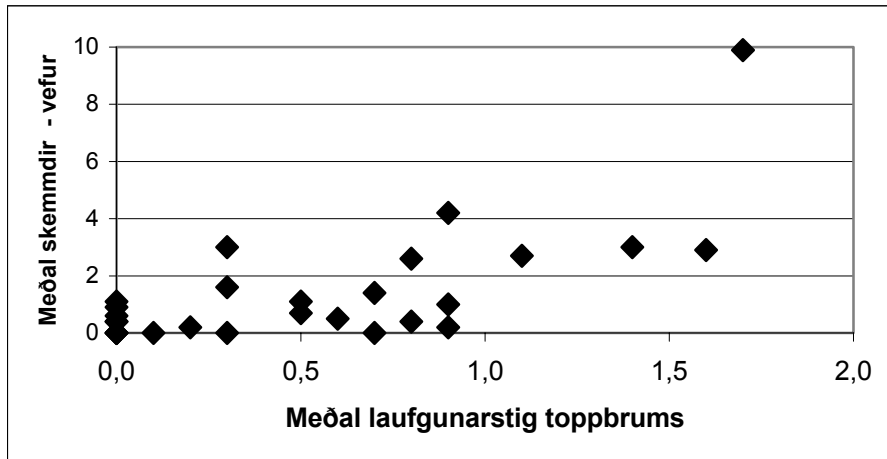
5.3 Samband laufgunarstigs og frostskeimmda

Laufgunarstig og skeimmdir einstakra sprota var ekki borið saman en hins vegar var línulegt samband skoðað milli meðal laufgunarstigs (skráð í þau skipti sem sprotar voru klipptir) á móti meðal skeimmdum í nálum, brumum og vef við -12°C . Þessi samanburður leiddi í ljós að mjög góð fylgni var á milli laufgunarstigs og skeimmda í brumum og vef (8. og 9. mynd, tafla 5) en mjög lítil og ekki marktæk fylgni við nálaskemmdir. Fylgni skeimmda var ívið hærri við laufgunarstig toppbrums en við hliðarbrum.



8. mynd. Samband laufgunarstigs toppbrums og frostskeimmda í brumum við -12°C í öll skiptin sem fryst var. *Relationship between earliness (leader bud) and bud damage at -12°C all three testing days.*

Til frekari glöggvunar á sambandi frostskeimmda og laufgunarstigs voru reiknaðir Spearman fylgistuðlar (tafla 5).



9. mynd. Samband laufgunarstigs toppbrums og frostskemda í vef við -12°C í öll skiptin sem fryst var. *Relationship between earliness (leader bud) and tissue damage at -12°C all three testing days.*

Tafla 5. Spearman fylgistuðlar milli meðal frostskemda við -12°C í vef, nálum og brumum og meðal laufgunarstigs í toppbrumi og hliðarbrumum ($n=27$, 9 kvæmi x 3 frystingar). *Spearman's coefficients between mean frost damage at -12°C of cambial tissue, needles and buds and mean bud burst stage and leader buds and side shoot buds ($n=27$, 9 provenances x 3 freeze test dates).*

	Skemmdir		Laufgunarstig	
	Nálar	Brum	Toppbrum	Hliðarbrum
Vefur	$r=0,625^{**}$ $p=0,000$	$r=0,787^{**}$ $p=0,000$	$r=0,631^{**}$ $p=0,000$	$r=0,552^{**}$ $p=0,001$
Nálar		$r=0,457^{**}$ $p=0,008$	$r=0,303$ $p=0,063$	$r=0,270$ $p=0,087$
Brum			$r=0,711^{**}$ $p=0,000$	$r=0,686^{**}$ $p=0,000$
Toppbrum				$r=0,924^{**}$ $p=0,000$

** =marktækt samband/significant correlation ($p<0,05$)

6 Umræða

6.1 Efniviður og aðferðir

Efniviðurinn í prófuninni spannar stóran hluta útbreiðslusvæðis fjallapins eða frá 33°27'N í New Mexico til 55°03'N í British Columbia. Breytileiki í frostþoli innan tegundarinnar ætti því að koma fram í tilraun sem þessari. Umfangi tilraunarinnar var hins vegar stillt í hóf bæði hvað varðar fjölda kvæma og fjölda endurtekninga. Einnig var viðmiðun sleppt og einungis fryst við tvö mismunandi hitastig. Þetta takmarkar úrvinnslumöguleika og áreiðanleika niðurstaðnanna en gefur engu að síður vísbendingar og reynslu sem kemur til góða þegar gerð verður umfangsmeiri frostþolsprófun á fjallapin.

Klipping og frágangur á sprotum tókst vel, flutningurinn gekk greiðlega og ástand sprotanna á áfangastað virtist vera gott. Þó þarf að tryggja betur greiða tollafgreiðslu þannig að ekki verði tafir og skemmdir á sprotunum af þeim sökum. Búnaðurinn á Möðruvöllum sem notaður var er óheppilegur þar sem einungis var fryst í einni kistu og flytja þurfti hluta sprotana í aðra kistu þegar lágmarkshita hvernar meðferðar var náð. Þessi búnaður hefur nú verið stórlega endurbættur með fleiri kistum með tölvustýrðu hitastigi (Øyvind M. Edvardsen o.fl. 2000).

Engir sérstakir annmarkar voru á aðferðum og kvörðum við skráningu á laufgunarstigi og mati á skemmdum. 14 dagar í eftirmeðferð í þokuúðun er heppilegur tími til að skemmdirnar komi greinilega fram. Í sumum tilvikum varð vefjaskemmd út frá skurðsári sprotanna en með því að meta skemmdir á einungis fimm efstu sentimetrinum er ólíklegt að þetta hafi valdið skekkju við mat á frostsKemmdum.

6.2 Lífnum (laufgunarstig) og frostþol

Þar sem einkunnir fyrir skemmdir og laufgunarstig eru ekki normaldreifðar er einungis hægt að styðjast við ferveikagreiningu en ekki nota hana sem áreiðanlega greiningu. Sama vandamál hefði líklega einnig orðið í umfangsmeiri tilraun. Í nýrri tilraun þarf því að leggja upp með annars konar tilraunaskipulag, t.d. að frysta við fleiri hitastig og greina mun á kvæmum miðað við hitastig sem veldur skemmdum á helming efniviðarins (LT_{50}).

Afar litlar skemmdir urðu við frýstingu á við -6°C og því má segja að sú frýsting hafi að einhverju leiti komið í staðinn fyrir viðmiðun. Þann 12. apríl var meðal laufgunarstig á hliðarbrumum um 0,3 en í toppbrumi einungis

0,03. Þrátt fyrir svo lágt laufgunarstig urðu talsverðar skemmdir við -18°C en afar litlar á brumum og vef við -12°C . Frysting við -12°C þann 19. apríl gaf góða aðgreiningu á kvæmum í öllum vefjagerðum sprotans (nálum, brumum og vef) en þá var laufgunarstig hliðarbruma um 1,5 og laufgunarstig toppbruma kringum 1. Þrjú suðlægustu kvæmin urðu fyrir minnstum skemmdum og af 4. til 7. mynd virðast kvæmin skemmast meira eftir því sem uppruni þeirra er norðlægari.

Þar sem ekki var hægt að bera saman laufgunarstig og frostskemdir á einstökum srotum var borið saman meðaltal skemmda og laufgunarstigs fyrir hvert kvæmi fyrir sig þegar sprotarnir voru klipptir (6., 12. og 19. apríl) og eingöngu unnið með frystingu við -12°C . Gott samræmi fékkst á milli meðal laufgunarstigs og meðal frostskemda í brumum og vef en ekki fékkst marktæk fylgni við frostþol nála (tafla 5, mynd 9 og 10). Laufgunarstig er því heppilegt til að tímasetja frystingu og ákvarða frostálag til að fá sem besta aðgreiningu kvæma m.t.t. frostþols fyrir brum og vef.

7 Ályktanir

Þær aðferðir sem notaðar voru í verkefninu við klippingu sprota, frágang og sendingu efniviðar og við mat á laufgunarstigi og skemmdum henta ágætlega.

Til að hægt sé að beita áreiðanlegum tölfræðiaðferðum við greiningu niðurstaðna þarf að frysta við fleiri hitastig, t.d. 6 mismunandi, og að munur á hitastigi sé í kringum $2-3^{\circ}\text{C}$.

Reynsla úr þessari prófun gefur möguleika á að velja heppileg hitastig út frá laufgunarstigi þegar sprotar eru klipptir til að fá góða aðgreiningu á frostþoli kvæmanna að vori.

Nauðsynlegt er að hafa aðskilið mat á frostskemdum nála, bruma og vefs.

Suðlægustu kvæmin Aggassiz Peak, La Mosca og Bearwallow Mt. urðu fyrir minnstum skemmdum.

8 Þakkir

Sérstakar þakkir fær Annhild Engevik sem sá um allar framkvæmdir í Noregi s.s. klippingu sprota, mat á laufgunarstigi, frágangi á sprotunum og sendingu þeirra til Íslands. RALA á Möðruvöllum fær þakkir fyrir aðstoðuna við frystingu. Þróstur Eysteinnsson, Hrefna Jóhannesdóttir lásu yfir handrit auk ritsjórnar og færðu margt til betri vegar. Styrkur úr Rannís og SNS gerði þessa prófun mögulega.

9 Heimildir

Edwardsen, Ø.M. 1995. Frö fra Lyngdal fröplantasje til nordnorsk bruk? Vekstrytme & frostherdighet hos gran (*Picea abies* (L.) Karst.) Epledal- & bestandavkom i et nordlig miljø. Institutt for skogfag. Norges Landbrukshøgskole Ås. Hovedoppgave 1995. 52 pp.

Johnsen, Ø. 1989. Freeze-testing young *Picea abies* plants. A methodological study. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4:351-367.

Krutzsch, P. 1973. Norway spruce development of buds. IUFRO S 2.02.11. The Royal Collage of Forestry. pp.1-4.

Madsen, Sören Fl. & Sigurgeirsson, Aðalsteinn (Eds.) 1998. ABIES LASIOCARPA. A promising species for Christmas tree production Inter-Nordic research programme. Report worked out by the SNS-Nordic-Network-Group for research and development on the *Abies lasiocarpa* tree species for the production of Christmas trees and greenery in the Nordic countries. Forest Research Station. Mógilsá. Iceland. 30 pp.

Stavrum, T. & O.R. Johnskås 1995. Innsamling av frö fra fjelledelgran (*Abies lasiocarpa*) i statene Colorado, New Mexico, Arizona og Utah i USA. Pyntegröntsenteret. Lyngdal. Norway. 39 pp.

Øyvind M. Edwardsen, Bjarni E. Guðleifsson & Brynjar Skúlason. 2000. Kalstofan á Möðruvöllum. Kynning á aðstöðu og rannsóknnum. Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar. 2/2000: 1-11.

Eldri rit í ritröðinni:

Hreinn Óskarsson 2000. Hvenær á að bera á? Tímasetning áburðargjafa. Tilraun frá 1998. Lýsing og niðurstöður eftir þrjú sumur. Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar nr.1/2000. 28 s.

Øyvind Meland Edvardson, Bjarni E. Guðleifsson og Brynjar Skúlason 2000. Kalstofan á Möðruvöllum. Kynning á aðstöðu og rannsóknum. Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar. 2/2000. 11 s.

Brynjar Skúlason, Bjarni E. Guðleifsson og Aðalsteinn Sigurgeirsson 2001. Þróun aðferða við frostþolsprófanir á birki og sitkagreni, forkönnun. Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar nr. 3/2001. 20 s.

Guðmundur Halldórsson, Halldór Sverrisson, Edda Sigurðís Oddsdóttir, Guðríður Gyða Eyjólfsdóttir 2001. Trjásjúkdómar. Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar nr. 4/2001. 50 s.

Arnór Snorrason, Tumi Traustason, Stefán Freyr Einarsson, Fanney Dagmar Baldursdóttir 2001. Landsúttekt á skógræktarskilyrðum. Áfangaskýrsla 1997-2001 fyrir Vesturland. Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar nr. 5/2001. 70 s.

Arnór Snorrason, Stefán Freyr Einarsson, Tumi Traustason, Fanney Dagmar Baldursdóttir 2001. Landsúttekt á skógræktarskilyrðum. Áfangaskýrsla 1997-2001 fyrir Norðurland. Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar nr.6/2001. 71s.

Arnór Snorrason og Stefán Freyr Einarsson 2001. Landsúttekt á skógræktarskilyrðum. Áfangaskýrsla 1997-2001 fyrir Vestfirði. Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar nr. 7/2001. 63s.

Hrefna Jóhannesdóttir og Øyvind Meland Edvardson 2001. Myrkvun trjáplantna í gróðrastöð og áhrif á frostþol. Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar nr.8/2001. 24s.

Jón Guðm. Guðmundsson 2001. Úttekt á gróðursetningum á 18 jörðum innan Héraðsskóga. Úttekt gerð 1999. Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar nr.9/2001. 18s.