

Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar

Nr. 8

ágúst 2001

# Myrkvun trjáplantna í gróðrarstöð og áhrif á frostþol

## Höfundar:

Hrefna Jóhannesdóttir<sup>1</sup> og Øyvind Meland Edvardsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mógilsá, Rannsóknastöð Skógræktar, 116 Reykjavík

<sup>2</sup>Akureyrardeild Mógilsár, Rannsóknastöð Skógræktar  
Búgarður - Óseyri 2, 603 Akureyri

**Netfang:** hrefnarsr@simnet.is

## Ritnefnd Rits Mógilsár skipa:

Aðalsteinn Sigurgeirsson

Ólafur Eggertsson

Haukur Ragnarsson

**Ritstjóri:** Hreinn Óskarsson

**Ábyrgðarmaður:** Aðalsteinn Sigurgeirsson

# 1 SAMANTEKT

Hrefna Jóhannesdóttir og Øyvind Meland Edvardsen. 2001.  
Myrkvun trjáplantna í gróðrarstöð og áhrif á frostþol.  
Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar skógræktar nr. 8/2001. 24 s.

Frost veldur oft miklu tjóni á gróðri á norðlægum slóðum. Kalskemmdir í gróðrarstöðvum og á víðavangi er mikið vandamál og frostþol plantna er afgerandi fyrir gæðin á plöntunum. Kalskemmdir eru í fyrsta lagi vegna lélegs þroska á sprotunum á haustin og í öðru lagi vegna óstöðugs tíðarfars á veturna.

Ólíkar tímalengdir og byrjunartímar fyrir myrkvun á 1/0 h bakkaplöntum voru rannsakaðar til þess að finna besta tímann fyrir aukna lífun við haustgróðursetningu. Síberíulerki (*Larix sibirica* Led.), sitkagreni (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.), sitkælri (*Alnus sinuata* (Regel) Rydb.) og rauðgreni (*Picea abies* (L.) Karst.) var ræktað í 40 gata fjölpottum. Myrkvað var í 16 klst. í 0 (viðmiðun), 3, 7, 14 og 19 daga. Upphaf myrkvunar var tvískipt, 26/7 og 10/8. Frostþol plantnanna var rannsakað með því að frysta þær við  $-8^{\circ}\text{C}$ ,  $-12^{\circ}\text{C}$ ,  $-16^{\circ}\text{C}$  og  $-20^{\circ}\text{C}$ . Eftir þiðnun voru þær ræktaðar við  $20^{\circ}\text{C}$  lofthita og stöðugt ljós í 2 vikur. Áhrif ljóslotunnar á frostþol var síðan dæmt sjónrænt út frá skemmdum á vaxtarvef, nálum og brumum plantnanna. Forritin Minitab og GLM (general linear model) í SAS voru notuð við tölfræðilega úrvinnslu gagna.

## Ályktanir:

1. Myrkvun hefur skjót stöðvandi áhrif á hæðarvöxt en engin bein áhrif á þvermál við rótarháls.
2. Frostþol lerkis var mest eftir myrkvun í 7 daga. Samt sem áður sýndu niðurstöður seinni frostþolstillraunarinnar að myrkvun í 3 daga gaf ekki marktækan mun miðað við myrkvun í 7 og 14 daga.
3. Frostþol sitkagrenis og sitkælris reyndist mest eftir myrkvun í 14 daga.
4. Erfitt var að túlka niðurstöður myrkvunar á rauðgreni vegna fárra plantna sem voru í tilrauninni.
5.  $-16^{\circ}\text{C}$  og  $-20^{\circ}\text{C}$  er mikið frostálag fyrir plönturnar um miðjan september, sama hversu lengi þær hafa verið myrkvaðar.

## 2 SUMMARY

Jóhannesdóttir, H. & Edvardsen, Ø. M. 2001. Short-day treatment of nursery seedlings and effects on autumn frost hardiness IFRS report, 8/2001. 24 pp.

Different short-day treatments with variable timing and duration were investigated to determine the shortest duration that would reduce mortality due to frost and drought after planting in the autumn. One year old container seedlings of Siberian larch (*Larix sibirica* Led.), Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.), Sitka alder (*Alnus sinuata* (Regel) Rydb.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), were treated with short days of 0 (control), 3, 7, 14 and 19 days duration. The short-day treatments were initiated on 26th of July and 10th of August respectively. The plants were freeze tested at temperatures between -8°C and -20°C at 4°C intervals. After thawing, the plants were grown for 2 weeks in continuous light at approximately 20°C. The photoperiodic influence on characters such as recurrent flushing of shoots, cambium and needle growth, and frost hardiness was then determined.

These experiments concludes:

1. The short-day treatments rapidly induced height growth cessation but had no effect on diameter growth.
2. Seven day short-day treatment gave the greatest frost hardiness for siberian larch in the first test. The short-day treatment for 3, 7 and 14 days were not significantly different in the latter test.
3. 14 days short-day treatment gave the best frost hardiness for sitka spruce and sitka alder.
4. The results for Norway spruce were difficult to interpret because of the limited numbers of seedlings involved in the experiment.
5. All seedlings were equally damaged at -16°C and -20°C in mid September independent of duration of short-day treatment.

Key words: Short-day treatment, freezing tests, Siberian larch, Sitka spruce, Sitka alder, Norway spruce.

# EFNISYFIRLIT

<b>1</b>	<b>SAMANTEKT</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>INNGANGUR</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>EFNI OG AÐFERÐIR</b>	<b>5</b>
4.1	TILHÖGUN RANNSÓKNA	5
4.2	ÚTTEKTIR	8
4.3	ÚRVINNSLA MÆLINGA	10
<b>5</b>	<b>NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA</b>	<b>10</b>
5.1	MYRKVUN	10
5.2	HÆÐ	11
5.3	ÞVERMÁL VIÐ RÓTARHÁLS	12
5.4	FROSTPOLSPRÓFUNIN	12
5.5	MAT Á SKEMMDUM	13
5.5.1	<i>Nálar</i>	13
5.5.2	<i>Vaxtarvefur</i>	14
5.5.3	<i>Brum</i>	18
<b>6</b>	<b>ÁLYKTANIR</b>	<b>19</b>
6.1	LERKI	19
6.2	SITKAGRENI	19
6.3	SITKAELRI	19
6.4	RAUÐGRENI	19
6.5	ALMENNT	20
<b>7</b>	<b>LOKAORÐ</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>HEIMILDIR</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>VIÐAUKI</b>	<b>23</b>

## 3 INNGANGUR

Frost er mikill skaðvaldur á norðlægum slóðum. Í skógrækt er því mikilvægt að hafa aðgang að efniviði sem er nægilega frostþolinn á haustin. Ástæðan fyrir kali er fyrst og fremst sú að endabrumin hafa ekki náð nægilegum þroska fyrir veturinn og í öðru lagi veðurfarið yfir veturinn (Skrøppa & Dietrichson 1986). Trjáplöntur eiga oft erfitt uppdráttar fyrstu árin eftir gróðursetningu, enda eru þær yfirleitt gróðursettar á víðavangi þar sem grassvörður er þykkur, en það eykur hættu á frostskegndum.

Til þess að framleiða frostþolnari plöntur í gróðrarstöðvum verður að notfæra sér hvernig trjáplöntur bregðast við ólíkri birtu og hita. Myrkvun hefur í för með sér að hæðarvöxtur plantnanna stöðvast og brum myndast. Með því að myrkva plöntur í t.d. 16 klst. á sólarhring er hægt að flýta fyrir vetrun þeirra (Dormling & Lundkvist 1983), og framleiða þannig plöntur með þroskaðri brum sem þola betur hið breytilega íslenska tíðafar. Þetta er sérstaklega mikilvægt fyrir plöntur sem ekki er hægt að vernda á annan hátt fyrir haustfrosti, t.d. fyrir plöntur sem á að gróðursetja í frostpollum.

Markmið með myrkvun er að:

- stöðva hæðarvöxt
- minnka hættu á skegndum vegna haustfrost
- flýta haustunarferli
- lengja gróðursetningartímabilið

Tilgangurinn með tilrauninni var að kanna hversu lengi þarf að myrkva lerki, sitkagreni, sitkaelri og rauðgreni til að auka lífslíkur við gróðursetningu að hausti. Einnig var athugað hvort meiri ávinningur fengist með því að byrja myrkvun í lok júlímánaðar en um miðjan ágúst.

## 4 EFNI OG AÐFERÐIR

### 4.1 Tilhögun rannsókna

Tilraunaplöntur:

Sáð var til tilraunaplantnanna í gróðurhúsi hjá skógræktarstöðinni Barra hf í apríl 1999. Tveimur mánuðum síðar voru plönturnar settar út undir bert loft. Tegundirnar voru lerki, sitkagreni, sitkaelri og rauðgreni (1. tafla).

**Tafla 1.** Tegundirnar í tilrauninni og uppruni þeirra. *The origin of the tree seedlings used in the trial.*

Tegund	Latneskt heiti	Kvæmi	Breiddargráða
Lerki	<i>Larix sibirica</i> Led.	Metsa lhala	62°13'N, 24°07'E
Silkagreni	<i>Picea sitchensis</i> (Bong.) Carr.	Taraldssøy	59°40'N, 5°50'E
Silkaelri	<i>Alnus sinuata</i> (Regel) Rydb.	McKenzie Point	61°N, 150'W
Rauðgreni	<i>Picea abies</i> (L.) Karst	Hemnes	66°10-20'N, 13°50-55'E

Öllum tegundum var sáð í 40 gata bakka (rúmmál ræktunarhólfs: 93 cm<sup>3</sup>, ræktunarpétteleiki: 530 pl/m<sup>2</sup>).

Daglengd í tilrauninni var 8 klst. sem er töluvert styttri en lengd náttúrlegs dags sem var 19,2 klst. þann 26/7 og 15,2 klst. þann 28/8. Meðalhiti f.o.m. 1/7 t.o.m. 9/9 1999 var 10.8°C.

Gerðar voru tvær aðgreindar myrkvunartilraunir og frostþolsprófanir sem voru óháðar hvor annarri. Byrjað var að myrkva fyrri hlutann þann 26/7 og þann seinni 10/8. Myrkvað var í báðum tilfellum í 16 klst. Viðmiðunarplönturnar voru við hliðina á þeim sem voru myrkvaðar og fengu sömu vökvun og áburðargjöf. Bakkar af hvítgreni voru settir í kringum tilraunaplönturnar til þess að minnka jaðaráhrif. Á köldum nóttum var þrefaldur AgrylP17-dúkur breiddur yfir viðmiðunarplönturnar til að vernda þær fyrir frosti þar sem plönturnar sem voru myrkvaðar voru betur varðar gegn frosti undir myrkvunardúknum. Var þetta gert til að tryggja að sömu aðstæður ríktu hjá myrkvuðum plöntum og viðmiðunarplöntum.

Plönturnar voru myrkvaðar í 0 (viðmiðun), 3, 7, 14 og 19 daga (2. tafla). Notaður var hvítur dúkur með svörtu neðra borði (coextrudert polyetylen-folie), til öryggis var hann hafður tvöfaldur. Áður en byrjað var að myrkva var þvermál við rótarháls og hæð mælt hjá 4 plöntum í hverri meðferð og blokk, alls 24 plöntur.

Þann 9. og 18. ágúst féll hitastigið niður í -6°C og -5°C. Starfsmenn gróðrarstöðvarinnar brugðust skjótt við og voru búnir að draga þrefaldan akrýldúk yfir viðmiðunarplönturnar og byrjaðir að vökva áður en hitastigið fór niður fyrir frostmark.

Plönturnar voru úðaðar með vatni áður en þær voru frystar. Hitamælir var settur niður með rótarhnausunum til þess að fylgjast með hitastigi við rætur.

Vikur reyndist vera gott einangrunarefni og það mældist ekkert frost við rætur.

Notaður var tölvustýrður frystir á kalstofunni á Möðruvöllum. Honum var stýrt þannig að hitastigið lækkaði um 2°C á klst. Plönturnar voru teknar út úr frystinum eftir því sem hinum ólíku prófunarhitastigum var náð og þær fluttar yfir í annan frysti þar sem þær voru geymdar við -2°C í 4 klst. Plönturnar voru síðan þíddar við 5°C í 4 klst. Eftir frystinguna voru plönturnar ræktaðar við stöðuga birtu og u.þ.b. 20°C í 2 vikur.

## 2. tafla. Þættir í greiningu á frostþoli eftir myrkvun. *Factors in the experiment.*

Þáttur	Fjöldi	Meðferó
Hitastig	4	-8°C, -12°C, -16°C og -20°C
Lengd myrkvunar	5	0, 3, 7, 14 og 19 dagar.
Trjátægund	4	Lerki, sitkagreni, sitkaelri og rauðgreni.
Blokk	6	6 blokkir með 4 plöntum í hverri.
Nálaskemmd	5	Flokkur 0-4
Vaxtarvefsskemmd	5	Flokkur 0-4
Brumskemmd	4	Flokkur 0, 1, x og -

### Frostþolsprófun 1:

Hæð og þvermál við rótarháls var mælt fyrst þann 26/7 í gróðrarstöðinni og aftur rétt fyrir frostþolsprófið í lok ágúst. Frostþolsprófunin fór fram á kalstofunni á Möðruvöllum. Eftir að frystingu lauk voru plönturnar fluttar í þokuúðunarklefa. Þar voru þær ræktaðar við stöðuga birtu og ca 20°C. Úðun er notuð til þess að koma í veg fyrir rangtúlkanir á niðurstöðum þegar rætur hafa orðið fyrir kalskemmdum. Ræturnar reyndust óskemmdar í þessu tilviki. Eftir fjóra daga fannst grásveppur (*Botrytis cinerea*) á elriplöntunum, úðun var því stöðvuð og plönturnar voru vökvaðar eftir þörfum annan hvern dag. Þann 3/9 voru plönturnar úðaðar með 0,05% Benlate sveppalyfi (inniheldur 50% af virka efninu Benomyl) til þess að koma í veg fyrir frekari smitun. Einnig fannst sveppasmit á lerkinu, ca 2-3 dögum fyrir skráningu. Sveppamyndunin á elri og lerki hefur trúlegast ekki haft nein áhrif á heildarútlit plantna, þar sem hún fannst í tíma og var þar að auki í litlu magni. Skráning frostsKemmda var gerð þann 13/9 hjá lerki og þann 14/9 hjá sitkagreni, sitkaelri og rauðgreni.

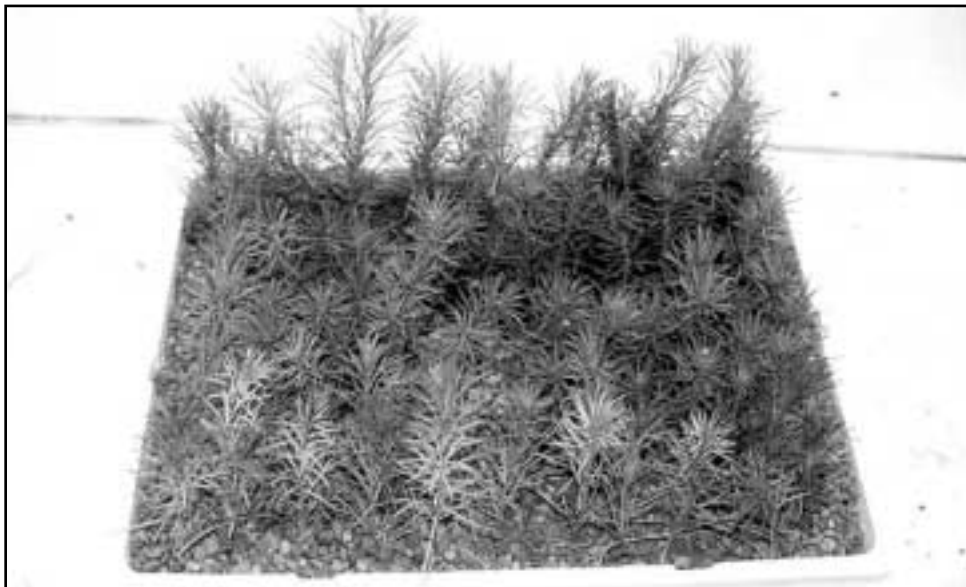
### Frostþolsprófun 2:

Hæð og þvermál plantnanna var mælt við byrjun myrkvunar þann 10/8. Plönturnar voru sóttar í Barra þann 9/9. Meðan á flokkun og mælingum stóð, voru plönturnar eins stutt og hægt var innandyra (18-20°C), mest í 4 klst. áður en þær voru færðar út (6-8°C) þar sem þær biðu fram að frostþolsprófun. Skráning skemmda var gerð þann 27/9 hjá lerki og þann 28/9 hjá sitkagreni, sitkælrí og rauðgreni.

### Frostferlið:

Um leið og búið var að mæla hæð og þvermál plantnanna við rótarháls, voru einstakir tilraunaliðir búntaðir saman. Plönturnar voru búntaðar eftir tegund, meðferð og blokk, 4 plöntur í hverju bunti. Venjulegri plastfilmu var vafið utan um rótarhausana.

Plönturnar voru prófaðar við -8°C, -12°C, -16°C og -20°C. Búntunum var safnað saman í frauðplastkassa og yfir rótarhausana var stráð 2-3 cm af vikri til einangrunar.



**Mynd 1.** Lerkiplönturnar fyrir frostþolsprófun. Að ofan: viðmiðun, 3 dagar, 7 dagar, 14 dagar og 19 dagar. Takið eftir litarmismuninum. *The larch seedlings just before the freeze test. From above: control, 3 days, 7 days, 14 days and 19 days. Notice the difference in colours.*



## 4.2 Úttektir

Eftirfarandi mælikvarði var notaður til þess að meta skemmdir eftir frostpolspröfun.

### Skemmdir á nálum:

N0 = óskemmd

N1 = lítil sviðnun

N2 = sviðnun á minna en 30 % af nálamassa

N3 = sviðnun á 30 - 60 % af nálamassa

N4 = sviðnun á yfir 60 % af nálamassa

### Skemmdir á vaxtarvef:

K0 = óskemmd

K1 = minna en 1 cm af topp

K2 = 1-2 cm af topp

K3 = 2-3 cm af topp

K4 = > 3 cm af topp

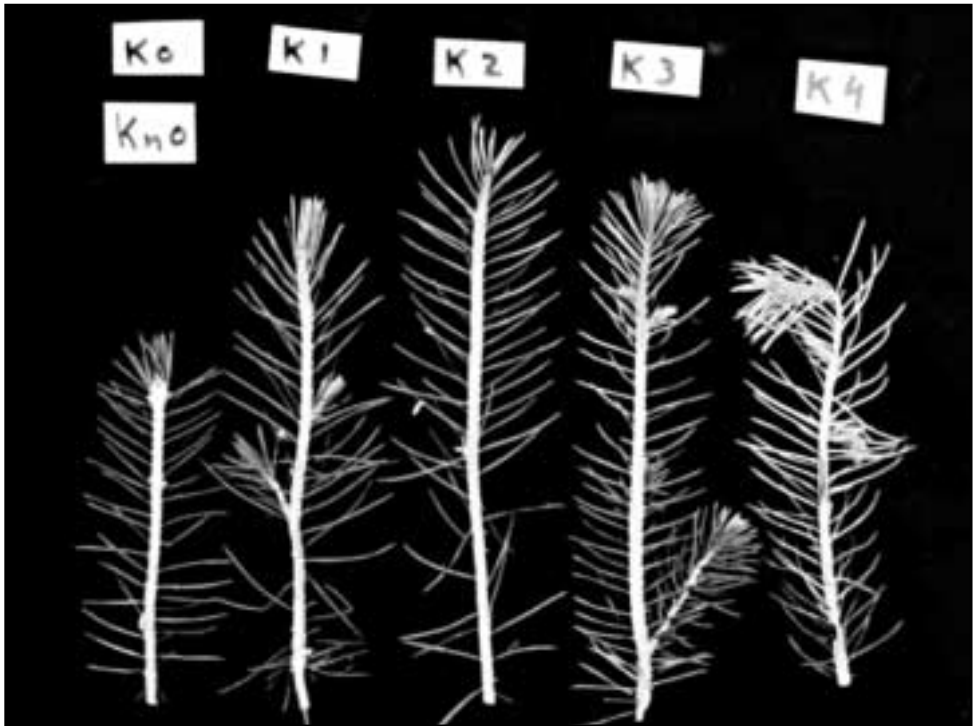
### Skemmdir á endabrumi:

KN0 = endabrum er óskemmt (grænt)

KN1 = dauft endabrum (brúnt)



**Mynd 2.** Skemmdir á nálum. Frá vinstri: óskemmd, N1, N2, N3 og N4.  
*Damage on needles. From left: undamaged, N1, N2, N3 and N4.*



**Mynd 3.** Skemmdir á brumi og vaxtarvef. Frá vinstri: óskemmd, K1, K2, K3 og K4. *Damage on needles. From left: undamaged, K1, K2, K3 and K4.*

### 4.3 Úrvinnsla mælinga

Tölfræðileg úrvinnsla var framkvæmd með tölfræðiforritunum Minitab og SAS (SAS Institute Inc. 1989). Áhrif meðferðanna á hæð plantnanna og þvermál við rótarhals var reiknuð með einhliða greiningu í Minitab. Gert var Fisher's próf með 1% öryggisbili. Þetta var gert til þess að koma í veg fyrir rangtúlkanir vegna fárra plantna. Hæðarvöxtur var reiknaður með formúlunni  $((h_2-h_1)/h_2)*100$  og þvermálsvöxtur með formúlunni  $((d_2-d_1)/d_2)*100$ . Formúlan gaf aukningu í % fyrir hverja meðferð.

Áhrif tíma-breytu var reiknað með einhliða greiningu. Gert var Fisher's próf með 1% öryggisbili.

## 5 NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA

### 5.1 Myrkvun

Aukin lengd myrkvunar skilaði sér að öllu jöfnu í því að vöxtur stöðvaðist fyrr og jókst þar með frostþolið. Vaxtarstöðvun hefur verið tengd því að plönturnar fara í dvala og auka frostþolið (Coursolle et al 1998). Hversu stuttur dagurinn þarf að vera til þess að plönturnar nái nægilegu frostþoli á haustin, fer eftir því hvaða kröfur kvæmið gerir um lengd birtutímans á vaxtartímanum, en lengd nætur (myrkurs) hefur áhrif á það hvenær vexti lýkur. Norðlæg kvæmi fara í dvala við lengri dag en suðlæg. Kohmann (1996) hefur kortlagt marknætti<sup>1</sup> fyrir norsk kvæmi af rauðgreni og fann að hún spannar frá 3,9 klst fyrir kvæmið P4 (66°10'N) til 8,9 klst fyrir F1 (58°14'N) við sömu aðstæður. Flutningur um eina breiddargráðu innan sömu hæðarlínu þýðir 20-25 mín. mismun í marknætti, en flutningur um 100 m hæð samsvarar hálfri breiddargráðu. Þegar myrkvað er í 16 klst eins og í þessari tilraun, er það mjög áhrifarík meðferð á þeim norðlægu kvæmum sem eru notuð hér á landi. Plönturnar þurfa orku til þess að ljúka vexti og mynda endabrum og þá getur löng myrkvun, t.d. 16 klst, haft neikvæð áhrif á plönturnar (Kohmann m.h. 2000). Það er hinsvegar hentugt að myrkva í 16 klst þar sem starfsfólk gróðrarstöðvanna dregur dúkinn yfir þegar það fer heim í lok vinnudags og dregur hann frá þegar það mætir til vinnu að morgni.

### 5.2 Hæð

Það var munur á hæð plantnanna við upphaf tilraunarinnar. Það gæti orsakast af mismunandi spírunarhraða, breytileika innan kvæmisins eða hvoru tveggja.

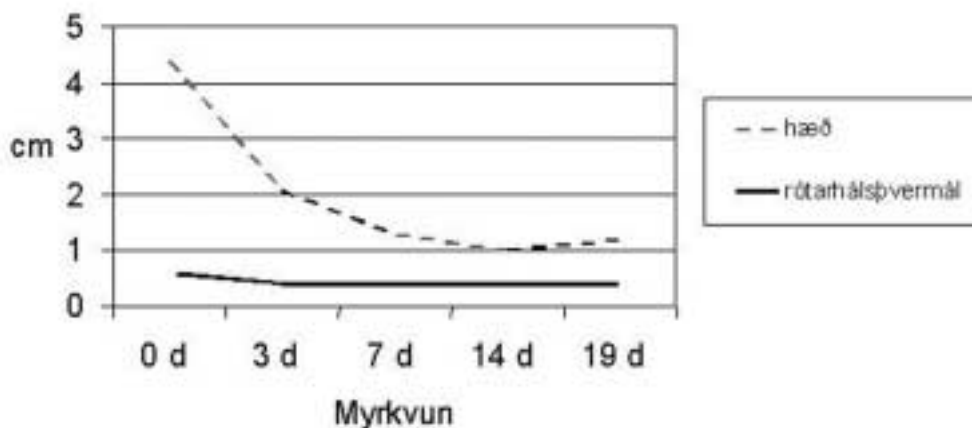
Hæðarvöxtur var mældur í prósentum þar sem trjáplönturnar voru afar misháar fyrir myrkvun. Niðurstöðurnar sýna greinilega að myrkvun hefur stöðvandi áhrif á hæðarvöxt. Það náðist marktækur munur þótt aðeins hafi verið myrkvað í 3 daga, þetta á við um lerki, sitkagreni og sitkaelri. Að ekki hafi verið hægt að sýna fram á þetta hjá rauðgreni gæti verið vegna þess hve fáar plöntur voru mældar. Það er hinsvegar vel þekkt að vaxtarstöðvun grenis er undir sterkum áhrifum frá ljósloftunni (Dormling & Lundkvist 1983). Það er einnig líklegt að hvíldarferli tegundarinnar *Larix* sé stýrt beint af ljósloftunni (Thomas & Vince-Prue 1997). Fyrir nokkrar trjátegundir nægir ein löng nótt á vaxtartímabilinu til þess að trén myndi endabrum of snemma (Arnott & Simmons 1985). Marktækan mun á myrkvun í 3 og 14 daga er hægt

<sup>1</sup> Sú nætulengd sem stjórnar því að tré ljúka vexti.

að útskýra með lágu marktökustigi á prófinu. Þetta á bæði við um lerki og sitkælrí (frostþolstilraun 1). Lægri sitkælríplöntur voru minna skemmdar en þær stærri. Þetta er trúlega vegna þess að laufblöðin hafa einangrandi áhrif í þéttum bökkunum. Þetta hefur þó ekki haft áhrif á heildarniðurstöðuna þar sem fáar plöntur voru svo lágar. Sambandið á milli hæðar og skemmda var heldur ekki rannsakað.

### 5.3 Þvermál við rótarháls

Vegna breytileika í þvermáli plantnanna, var vaxtaraukinn reiknaður í prósentum. Myrkvun hefur engin bein áhrif á þvermálsvöxt plantnanna. Hinsvegar verða óbein áhrif þau að myrkvadar plöntur verða lægri en samt með jafn sveran rótarháls og þær sem eru ómyrkvadar.



**4. Mynd.** Mynd sem sýnir aukningu í hæðarvexti og þvermáli við rótarháls hjá lerki. Fyrri mælingin var gerð við upphaf myrkvunar og sú seinni við frystingu. Niðurstöður fyrir greni og elri voru svipaðar. *Increase in height growth and root collar diameter of larch. The first measurement was taken at the beginning of the short-day treatment and the second one at the end. Same results are for spruce and alder.*

### 5.4 Frostþolsprófunin

Elríplönturnar fengu litlar kalskemmdir í gróðrarstöðinni, trúlegast eftir frostnætturnar þann 9. og 18. ágúst þegar hitastigið fór niður í  $-6^{\circ}\text{C}$  og  $-5^{\circ}\text{C}$ . Byrjað var að vökva þegar hitastigið var komið niður undir frostmark og var áætlað að það hefði aldrei orðið kaldara en  $-1^{\circ}\text{C}$  til  $-2^{\circ}\text{C}$  undir dúkunum. Þessir köldu dagar hafa því að öllum líkindum valdið litlum frostskegmdum.

Plönturnar voru geymdar og flokkaðar innandyra fram að frostþolsprófi. Hve lengi þær voru inni fór eftir trjátegund, styttst í 1 sólarhring og lengst í 2,5 sólarhringa. Þetta gæti hafa dregið úr frostþoli plantnanna. Sennilega hafði þetta sérstaklega áhrif á þær plöntur sem voru ekki myrkvaðar eða þá aðeins í þrjá daga. Þetta hefur líklega ekki haft áhrif á niðurstöðurnar fyrir hverja trjátegund fyrir sig. Það voru óvenjuleg hlýindi á Austurlandi nokkrum dögum áður en plönturnar voru sóttar. Það gæti líka hafa minnkað frostþolið. Glerum (1985) segir þó að tímabundin hlýindi á haustin þurfi ekki að hafa áhrif á frostþolið en hlýindi seinni parts vetrar dragi úr frostþoli.

Plönturnar voru frystar ca tveimur vikum eftir meðferðarlök og skemmdir voru skráðar 2 1/2 viku síðar. Frostþolsprófanirnar voru gerðar í tvennu lagi fyrir tímabilin.

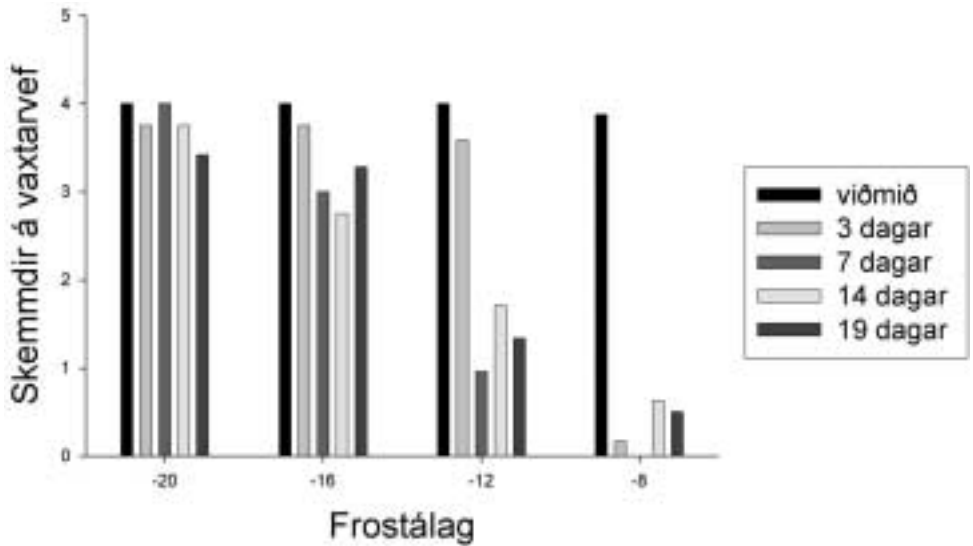
Allar plönturnar urðu fyrir miklum skemmdum þegar þær voru frystar við  $-16^{\circ}\text{C}$  eða lægra hitastig í lok ágúst. Frostþol eykst stig af stigi þegar plönturnar fara í dvala (Colombo 1990) og þær hafa því ekki náð að verða mjög frostþolnar á þessum skamma tíma.

## **5.5 Mat á skemmdum**

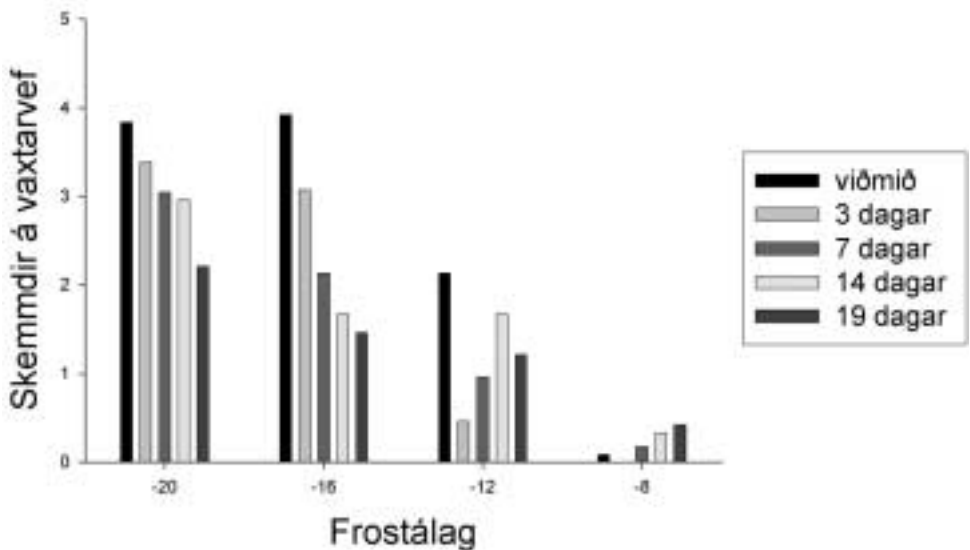
### **5.5.1 Nálár**

Að meta skemmdir á nálum á sjónrænan hátt er talin vera góð aðferð við mat á kalskemmdum (Glerum 1985, Johnsen 1989). Lerkinálarnar visnuðu, sama hversu lengi plönturnar voru myrkvaðar og hversu lágt hitastigið var. Þar sem lerki fellir nálarnar á haustin var erfitt að dæma hvort visnunin væri vegna haustlitar eða vegna kals. Nálaskemmdir voru því ekki metnar á lerki. Hjá sitkagreni urðu minnstar skemmdir við 14 daga meðferð. Í seinna frostþolsprófinu var þó ekki marktækur munur á frostskemmdum við 14 og 19 daga myrkvun. Lengd meðferðarinnar hafði lítil áhrif á rauðgreni. Það voru verulega færri plöntur af rauðgreni en af hinum tegundunum, aðeins þrjár plöntur/meðferð voru prófaðar við  $-8^{\circ}\text{C}$  og  $-12^{\circ}\text{C}$  og 4 plöntur við  $-16^{\circ}\text{C}$  og  $-20^{\circ}\text{C}$ . Þetta útskýrir tilviljanakenndan breytileika hjá rauðgreni.

## 5.5.2 Vaxtarvefur

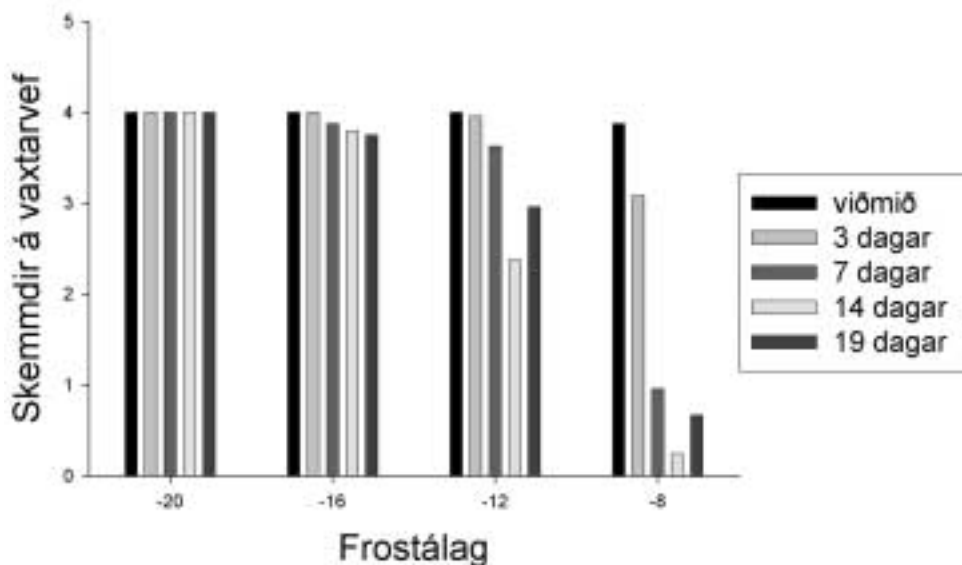


**Mynd 5.** Skemmdir á vaxtarvef lerkis eftir fyrri frostþolsprófunina. *Damage on cambium of larch after the first short-day treatment.*

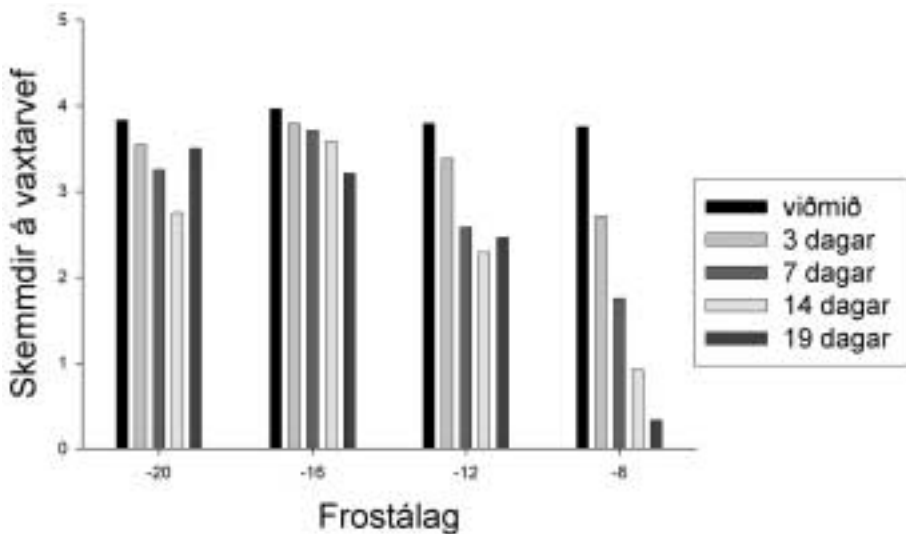


**Mynd 6.** Skemmdir á vaxtarvef lerkis eftir seinni frostþolsprófunina. *Damage on cambium of larch after the second short-day treatment.*

Við fyrri frostþolsprófið höfnuðu næstum allar viðmiðunarplönturnar hjá lerki í versta flokkinum, flokkun 4, en við seinni prófunina eru viðmiðunarplönturnar orðnar frostþolnari, þó svo þær séu marktækt lakari en myrkvuðu plönturnar. Augljóst er að myrkvuðu plönturnar frá seinna prófinu voru orðnar frostþolnari (mynd 5 og 6). Við seinna frostþolsprófið er ekki marktækur munur á myrkvun í 3, 7 og 14 daga. Þriggja daga myrkvun skemmist hinsvegar marktækt minna en myrkvun í 19 daga (sjá viðauka). Við fyrri prófunina var 3 daga meðferðin ólík hinum. Við lægsta hitastigið hafa plöntur sem búið er að myrkva í 7 daga eða lengur mest frostþol. Það var ekki marktækur mismunur á milli þessara meðferða. Plönturnar eru komnar í dýpri dvala við seinni frostþolsprófunina.

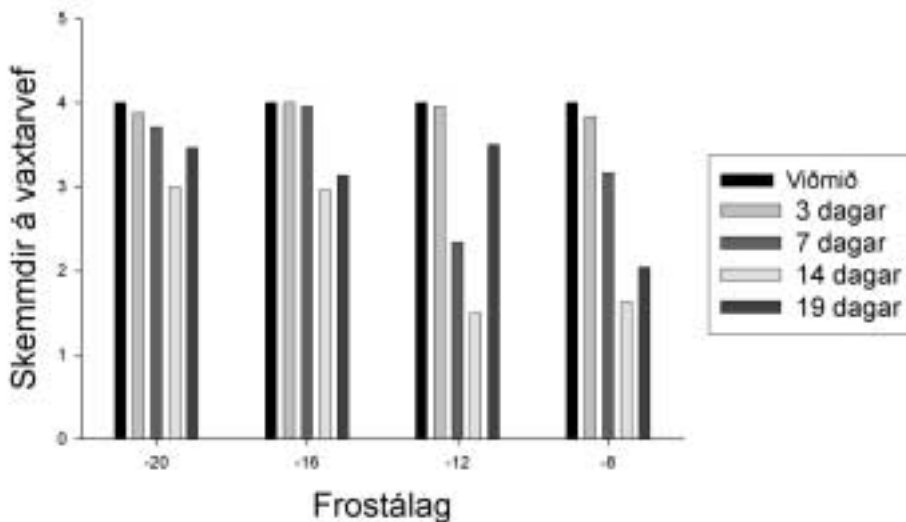


**Mynd 7.** Skemmdir á vaxtarvef sitkagrenis eftir fyrri frostþolsprófunina. *Damage on cambium of Sitka spruce after the first short-day treatment.*



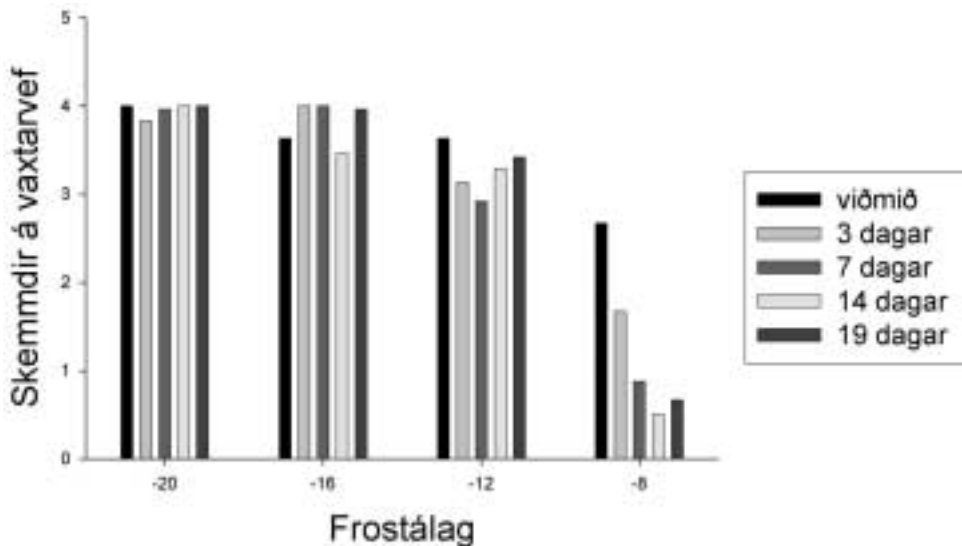
**Mynd 8.** Skemmdir á vaxtarvef sitkagrenis eftir seinni frostþolsprófunina.  
*Damage on cambium of Sitka spruce after the second short-day treatment.*

Sitkagreni sýndi minni mun milli frostþolsprófanna en lerkið gerði. Viðmiðunarplönturnar höfðu ekki náð að ljúka vexti, hvorki fyrir fyrra né seinna frostþolsprófið. Myrkvun í 14 daga reyndist best. Vaxtavetur sitkagrenis skemmdist mikið þegar það var fryst við  $-16^{\circ}\text{C}$  eða lægra hitastig og það var lítil sem enginn munur milli viðmiðunarplantnanna og hinna.



**Mynd 9.** Skemmdir á vaxtarvef sitkaelris eftir fyrri frostþolsprófunina.  
*Damage on cambium of Sitka alder after the first short-day treatment.*





**Mynd 10.** Skemmdir á vaxtarvef sitkaelris eftir seinni frostþolsprófunina. *Damage on cambium of Sitka alder after the second short-day treatment.*

Bestur árangur fékkst hjá elri þegar það var myrkvað í 14 daga, í báðum frostþolsprófununum. Við fyrri prófið var marktækur munur á meðferð í 14 daga og hinum meðferðunum. Við seinna prófið var ekki marktækur munur á 14 daga meðferð miðað við prófun eftir 7 og 19 daga. Sitkaelri hafði ekki náð nægu þoli til að þola frýstingu við  $-16^{\circ}\text{C}$  eða lægra hitastig, hvorki við fyrri eða seinni frostþolsprófunina, en samt virtust plönturnar vera orðnar frostþolnari við seinni prófunina (mynd 9 og 10).

Líklega hefur lágt hitastig á vaxtartíma meiri áhrif á heildar frostþol Alnus-tegundarinnar en ljóslostan (Tremblay & Lalonde 1987). Tilraunir með lauftré sýna að næturhiti hefur mikil áhrif á marknætti. Lækkun í næturhita leiðir af sér styttri marknætti (þ.e. að plönturnar ljúka fyrr vexti) og þegar næturhitinn nær ákveðnum neðri mörkum fer ákveðið öryggiskerfi í gang (Håbjörg 1972, Heide 1974a). Neðri mörkin fyrir norðlæggar tegundir, í þessu tilviki kvæmi af birki og rauðgreni, virðast liggja á bilinu  $8^{\circ}$  til  $10^{\circ}\text{C}$ . Plönturnar hætta þá að vaxa og jafnvel nokkuð hár ljósstyrkur dugur ekki til að viðhalda vexti.

Litlar skemmdir voru yfirleitt á vaxtarvef rauðgrenis. Hér var einnig greinilegur munur milli dagsetninga myrkvunar. Plönturnar í seinna frostþolsprófinu þurftu styttri myrkvun en þær frá því fyrri. Næstum allar plönturnar voru óskemmdar í síðara frostþolsprófinu, einnig við  $-20^{\circ}\text{C}$ .

### 5.5.3 Brum

Ekki var talið ráðlegt að úða plönturnar til þess að viðhalda 100% loftraka vegna sveppasmitsins sem upp kom. Án úðunar er hætta á að brumin þorni hvort sem þau eru skemmd eða ekki, ef sjálfur stofninn er skemmdur. Brumskemmdir eru þess vegna háðar stofnskemmdum en ekki öfugt. Frostþol í vaxtarvef, nálum og brumi eykst mishratt og oft var hægt að sjá að vaxtarvefurinn var dauður marga cm niður stofninn, þótt toppbrumið væri enn grænt og lifandi. En í flestum tilvikum var toppbrumið dautt líka ef vaxtarvefurinn var dauður. Aðhvarfsstuðullinn var jákvæður fyrir allar trjátegundirnar í báðum tilvikum. Það þýðir að hátt gildi af skemmdum á vaxtarvef fylgir trúlega háu gildi af brumskemmdum og öfugt.

Við fyrra prófið höfðu engar af viðmiðunarplöntunum hjá lerki, sitkagreni eða sitkaelri myndað endabrum. Við seinni prófunina höfðu næstum allar lerkiplönturnar myndað endabrum. Niðurstöðurnar sýna að lerki þarf aðeins að myrkva í 3 daga til þess að hvíldarferlið hefjist, og jafnvel minna.

Sitkagreni var almennt viðkvæmt fyrir frosti, það var helst að brumin þyldu vægasta prófunarhitastigið,  $-8^{\circ}\text{C}$ . Lægra hitastig olli miklum kalskemmdum.

Sitkaelribrumin voru ekki orðin nógu frostþolin til að þola  $-12^{\circ}\text{C}$  og lægra hitastig, hvorki í fyrra eða seinna skiptið. Vegna vikursins höfðu allar plönturnar óskemmda rót og rótarháls. Eftir tvær vikur voru brumin neðst á stofninum byrjuð að springa út á plöntunum sem voru myrkvaðar í lok júlí og það var áframhaldandi breytileiki í því hvenær brumin sprungu út miðað við hversu lengi plönturnar voru myrkvaðar. Það var lítið um að brumin springju út á plöntum sem voru myrkvaðar í 19 daga. Brumum sem springa út fjölgar eftir því sem dögum fækkar, mest við þriggja og engra (viðmiðun) daga myrkvun. Plönturnar eru á ólíku stigi hvíldar. Það sprungu hinsvegar engin brum út á þeim plöntum sem voru myrkvaðar um miðjan ágúst, þær plöntur voru komnar í dýpri dvala.

Rauðgreni var frostþolnara við seinni prófunina. Við frýstingu við  $-20^{\circ}\text{C}$  voru 3/4 hlutar viðmiðunarplantnanna óskemmdir. Við fyrra prófið drápuðst mörg brumanna, bæði á myrkvuðum og ómyrkvuðum plöntum, við  $-16^{\circ}\text{C}$  og lægra hitastig.

Myndun endabruma gerist hraðar við stuttan dag en langan (Bigras & D'Aoust 1993). Plöntur sem hafa verið myrkvaðar munu springa út fyrr næsta vor miðað við þær plöntur sem hafa ekki verið myrkvaðar (Dormling

et al 1968, Heide 1974b, Sandvik 1980, Bigras & D'Aoust 1992). Sandvik (1978) kom með þá tilgátu að það sé aukin uppsöfnun næringarefna eftir myrkvun sem sé ástæðan fyrir því að rauðgreni missir frostþol og brumin springi út fyrr á vorin. Þ.e.a.s. sömu áhrif sem aukið næringarinnihald gefur vegna aukinnar áburðargjafar. Þegar brumin springa út, hefur það í för með sér snögga minnkun frostþols og plöntur sem eru útsprungnar eru sérstaklega viðkvæmar fyrir vorkali. Skúlason (1994) fann í tilraunum sínum á frostþoli hjá lerki að þrátt fyrir að brumin væru farin að springa út var lerkid ekki búid að missa allt frostþol.

Sumar og haust 1999 var óvenju hlytt og hefur það haft jákvæð áhrif á þroska endabrumanna og trúlega flýtt fyrir myndun þeirra. Það má því búast við að það þurfi að myrkva plönturnar lengur þegar kalt er í ári.

## **6 ÁLYKTANIR**

### **6.1 Lerki**

Lerki hægir fljótt á vexti þegar það er myrkvað og lauk vexti fyrst af þeim tegundum sem voru í tilrauninni. Myrkvun lerkis þann 10/8 í þrjá daga gaf jafn góðan árangur í frostþolsprófi og myrkvun í 7 og 14 daga. Það er breyting frá 26/7 þegar þriggja daga myrkvun var marktækt lakari en myrkvun í 7 og 14 daga.

### **6.2 Sitkagreni**

Frostþol sitkagrenis reyndist mest eftir myrkvun í 14 daga hvort sem byrjað var þann 26/7 eða 10/8. Þessi meðferð gaf þó ekki betri árangur með tilliti til hæðarvaxtar en myrkvun í 3 og 7 daga. Öll tilraunaferlin gáfu miklar brumskemmdir hjá sitkagreni, óháð hitastigi við frostþolsprófanir.

### **6.3 Sitkaelri**

Í báðum tilvikum reyndist 14 daga myrkvun gefa bestan árangur. Elriplönturnar voru þó orðnar frostþolnari við seinni meðferðina.

### **6.4 Rauðgreni**

Rauðgreni virðist ljúka vexti fljótt. Við fyrri frostþolsprófunina, í lok ágúst, var engin marktækur munur á milli myrkvunar í 7, 14 og 19 daga. Þessar myrkvunar lengdir reyndust betri en engin myrkvun (viðmiðun) og myrkvun í 3 daga. Það er enginn marktækur munur á milli ólíkra myrkvunar lengda eftir

seinni frostþolsprófunina, um miðjan september. Þess skal þó getið, að það voru mun færri plöntur af rauðgreni en af hinum tegundunum þess vegna eru niðurstöðurnar nokkuð óruggar.

## 6.5 Almennt

Niðurstöður tilraunarinnar sýndu að myrkvun hefur mikil áhrif á hæðarvöxt lerkis, sitkagrenis, sitkaelris og rauðgrenis. Myrkvun hafði engin bein áhrif á þvermál við rótarhál. Hinsvegar fengust óbein áhrif þar sem lægri plöntur voru jafn sverar og þær hærri.

Einnig var leitað svara við því hvort betra væri að byrja að myrkva í lok júlí eða um miðjan ágúst. Ekki reyndist hægt að svara þessum spurningum þar sem frostþolsprófanirnar fóru fram í tvennu lagi. Fyrri dagsetningin hefur þann kost í för með sér að plönturnar verða tilbúnar til gróðursetningar allt að 2 vikum fyrr á haustin auk þess sem hægt er að grípa fyrr inn til þess að stöðva hæðarvöxt þeirra ef þurfa þykir.

Í þessari tilraun voru plönturnar myrkvaðar í 16 klst. á sólarhring. Það er mjög áhrifarík meðferð á þeim norðlægu kvæmum sem eru ræktuð hér-landis. Miklar skemmdir urðu á plöntunum þegar fryst var við  $-16^{\circ}\text{C}$  eða lægra hitastig, óháð lengd myrkvunar.

## 7 LOKAORÐ

Skýrsla þessi byggir að mestum hluta á lokaritgerð Hrefnu Jóhannesdóttur við Norges landbrukhøgskole á Ási vorið 2000, „Kortdagsbehandling av sibirsk lerk, Sitkagran, Sitkaor og vanlig gran“. Öyvind Meland Edvardsen skipulagði frostþolstilraunina á kalstofunni á Möðruvöllum og framkvæmdi seinni helming hennar.

Höfundar vilja þakka öllum þeim sem hafa lagt á hönd á plóg, bæði með aðstoð við framkvæmd og fjármögnun. Þar ber helst að nefna:

Rannsóknastöð Skógræktar ríkisins  
Skógræktarstöðin Barri hf  
Ketil Kohmann, Skogforsk í Noregi  
Skógarsjóður  
Brynjar Skúlason, Skógrækt ríkisins  
Sigrún Sigurjónsdóttir, Norðurlandsskógum  
Haukur Ragnarsson las yfir og færði margt til betri vegar.  
Ritnefnd Rits Mógilsár

## 8 HEIMILDIR

**Arnott, J.T. & Simmons, C.S.** 1985. The effect of failure in extended and intermittent lighting on the growth of white spruce container seedlings. *Can. J. For. Res.* 15: 734-737.

**Bigras, F.J. & D'Aoust, A.L.** 1993. Influence of photoperiod on shoot and root frost tolerance and bud phenology of white spruce seedlings (*Picea glauca*). *Can. J. For. Res.* 23: 219-228.

**Colombo, S.J.** 1990. Bud dormancy status, frost hardiness, shoot moisture content, and readiness of black spruce container seedlings for frozen storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(2):302-307.

**Coursolle, C., Bigras, F.J., Margolis, H.A. & Hébert, C.** 1998. Growth and hardening of four provenances of containerized white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss) seedlings in response to the duration of 16 h long-night treatments. *New Forests* 16(2):155-166.

**Dormling, I., Gustafsson, Å. & von Wettstein, D.** 1968. The experimental control of the life cycle in *Picea* (L.) Karst. I. Some basic experiments on the vegetative cycle. *Silvae Genetica* (17): 42-64.

**Dormling, I. & Lundkvist, K.** 1983. Vad bestämmer skogsplantors tillväxt och härdighet i plantskolan? *Skogsfakta*. (8):1-6.

**Glerum, C.** 1985. Frost hardiness of coniferous seedlings: principles and applications. Pp 107-123 in: Duryea, M.L. (Ed.). *Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Oregon State University, Corvallis 1984.

**Heide, O. M.** 1974a. Growth and dormancy in Norway spruce ecotypes (*Picea abies*). I. Interaction of photoperiod and temperature. *Physiol. Plant.* 30: 1-12.

**Heide, O. M.** 1974b. Growth and dormancy in Norway spruce ecotypes. II. After-effects of photoperiod and temperature on growth and development in subsequent years. *Physiol. Plant.* 31:131-139.

**Håbjørg, A.** 1972. Effects of photoperiod and temperature on growth and development of three latitudinal and three altitudinal populations of *Betula pubescens* Ehrh. Meld. Norges landbrukshøgskole 51, nr.2. 27pp.

**Johnsen, Ø.** 1989. Freeze-testing young *Picea abies* plants. Scand. J. For. Res. (4): 351-367.

**Sandvik, M.** 1978. Gjødslingens innflytelse på plantenes etablering og vekst etter utplanting. Årsskrift Nordiske Skogplanteskoler. 1977:41-56.

**Sandvik, M.** 1980. Environmental control of winter stress tolerance and growth potential in seedlings of *Picea abies* (L.) Karst. N.Z. J. For. Sci. 10:97-104.

**SAS Institute Inc.** 1989. SAS/STAT( User's guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 2, Cary, NC: SAS Institute Inc. 846 pp.

**Skrøppa, T. & Dietrichson, J.** 1986. Winter damage in the IUFRO 1964/68 provenance experiment with Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Meddelelser fra Norsk Institutt for skogforskning 39.10:162-183

**Skúlason, B.** 1994. Hvilebryting, frostherdighet og vårfrostskader hos lerk - tolv bestand plantet på Hallormsstaður i Island. Hovedoppgave ved Norges landbrukshøgskole, ISF. 57 pp.

**Thomas, B. & Vince-Prue, D.** 1997. Photoperiodism in plants. Academic press, Inc. USA. 428 pp.

**Tremblay, M.-F. & Lalonde, M.** 1987. Effect of photoperiod and temperature on the development of frost hardiness in three *Alnus* species. *Physiol. Plantarum* 70:327-331

## 9 VIÐAUKI

**1. tafla.** Útskrift úr GLM í SAS sem sýnir breytileika fyrir skemmdum á vaxtarvef og brumi hjá lerki. P-gildin eru sýnd.

Orsök breytileika	Df	Lerki 13/9		Lerki 27/9	
		Vaxtarv.	Brum	Vaxtarv.	Brum
Blokk	5	0,2601	0,4320	0,1270	0,0917
Tími	4	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Hitastig	3	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Tími * hitastig	12	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

**2. tafla.** Útskrift úr GLM í SAS sem sýnir breytileika fyrir skemmdir á nálum, vaxtarvef og brumi hjá sitkagreni. P-gildin eru sýnd.

Orsök breytileika	Df	Sitkagreni 14/9			Sitkagreni 28/9		
		Nálar	Vaxtarv.	Brum	Nálar	Vaxtarv.	Brum
Blokk	5	0,06	0,0333	0,0301	0,3656	0,1487	0,0703
Tími	4	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0571
Hitastig	3	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Tími * hitastig	12	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0023

**3. tafla.** Útskrift úr GLM í SAS sem sýnir breytileika fyrir skemmdir á vaxtarvef og brumi hjá sitkælni. P-gildin eru sýnd.

Orsök breytileika	Df	Sitkælni 14/9		Sitkælni 28/9	
		Vaxtarv.	Brum	Vaxtarv.	Brum
Blokk	5	0,0193	0,0192	0,2014	0,3126
Tími	4	0,0001	0,0001	0,0005	0,0001
Hitastig	3	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Tími * hitastig	12	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001

**4. tafla.** Útskrift úr GLM í SAS sem sýnir breytileika fyrir skemmdir á nálum, vaxtarvef og brumi hjá rauðgreni. P-gildin eru sýnd.

Orsök breytileika	Df	Rauðgreni 14/9		Rauðgreni 28/9			Brum
		Nálar	Vaxtarv.	Nálar	Vaxtarv.	Brum	
Blökk	-	-	-	-	-	-	-
Tími	4	0,0007	0,0005	0,0001	0,0557	0,0937	0,3674
Hitastig	3	0,0265	0,0266	0,0021	0,1315	0,5023	0,3058
Tími * hitastig	12	0,3354	0,2548	0,5454	0,0852	0,7420	0,8487