

DET FORSTLIGE FORSØGSVÆSEN I DANMARK

THE DANISH FOREST EXPERIMENT STATION
STATION DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE DANEMARK
DAS FORSTLICHE VERSUCHSWESEN IN DÄNEMARK

BERETNINGER UDGIVNE VED
DEN FORSTLIGE FORSØGSKOMMISSION

REPORTS — RAPPORTS — BERICHTE



BIND XXXX

HÆFTE 2

ISSN 0367-2174

INDHOLD

T. LYNGE MADSEN, P. MOLTESEN og P. O. OLESEN: Gødsknings indflydelse på rødgrans rumtæthed og tørstofproduktion. (Effect of Fertilization on the Basic Density and Production of Dry Matter of Norway Spruce). S. 141—171. (Beretning nr. 339).

J. BO LARSEN: Økofysiologiske og morfologiske undersøgelser af forskellige *Abies procera* provenienser med hensyn til deres egnethed til pyntegrøntproduktion. (Ecophysiological and Morphological Investigations of Different *Abies Procera* - Provenances in Relation to Greenery Production). S. 173—199. (Beretning nr. 340).

SØREN FL. MADSEN: Middeltræmetoden til bevoksningsvis vedmasseberegning. (The Mean Tree Method for Direct Computation of Stand Volume). S. 201—209. (Beretning nr. 341).

KØBENHAVN

TRYKT I KANDRUPS BOGTRYKKERI

1985

ØKOFYSIOLOGISKE OG MORFOLOGISKE
UNDERSØGELSER AF FORSKELLIGE ABIES
PROCERA PROVENIENSER MED HENSYN
TIL DERES EGNETHED TIL
PYNTEGRØNTPRODUKTION

ECOPHYSIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL INVESTIGATIONS OF
DIFFERENT ABIES PROCERA – PROVENANCES IN RELATION TO
GREENERY PRODUCTION

AF

J. BO LARSEN

1. INDLEDNING

Abies procera (*nobilisgran*) er den vigtigste træart til pyntegrøntproduktion i de danske skove. Egnetheden som pyntegrøntproducent afhænger hovedsageligt af vækst samt nåleform og -farve, men resistensen overfor frost og tørke er ligeledes af stor betydning, idet beskadigelse hidrørende fra sådanne klimatiske ekstremer umuliggør anvendelsen til pyntegrønt.

Igennem de seneste tiårs plantninger har det vist sig, at der er stor forskel på *nobilisgran*'ens egnethed til pyntegrønt afhængig af materialets geografiske oprindelse (proveniens, herkomst). Nogle herkomster synes at være langt bedre egnede til produktion af pyntegrønt end andre. I 1978 blev der på internationalt plan foretaget en indsamling af frø af *Abies procera* fra 21 forskellige lokaliteter indenfor træartens naturlige udbredelsesområde i Washington og Oregon. De foreliggende undersøgelser, der er blevet gennemført med støtte fra Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd ved Institut für Waldbau der Universität Göttingen, analyserer vækst, frost- og tørkeresistens og forskelligt nålemorfologiske egenskaber hos disse provenienser samt 4 danske frøkluder med henblik på at kunne finde og udvælge de til pyntegrøntproduktion i Danmark bedst egnede frøkluder.

2. FORSØGSMATERIALE

Forsøgsmaterialet, der fremgår af tabel 1, stammer fra frøindsamlinger i Nordvestamerika (IUFRO) og Danmark i 1978, og er blevet leveret igennem Statsskovenes Planteavlstation. Frøet er blevet udsået i Statens Forstlige Forsøgsvæsens planteskole »Egelund« i foråret 1979. Det etårige plantemateriale blev derpå i foråret 1980 bragt til Göttingen, hvor det blev ompottet i Institutets forsøgscontainere (GL-2, volumen 250 cm³), og tiltrukket i væksthuse under kontrollerede betingelser i de følgende 3 vækstsæsoner (1980-1983).

Ud over de i tabel 1 anførte provenienser er der ved den sidste vækstanalyse i foråret 1983 medtaget jævnaldrende plantemateriale bestående af afkom fra to enkeltkloner i *nobilis* frøplantage nr. 623 anlagt af Hedeselskabets Skovfrøcentral til pyntegrøntformål. Disse to afkom (nr. 118 og 185) er blevet medtaget for at kunne sammenligne proveniensmaterialet med materiale specielt udvalgt for gode pyntegrøntegenskaber.

Figur 1 giver en oversigt over den geografiske beliggenhed af de 21 nordvestamerikanske provenienser, hvoraf nr. 13002 måtte udgå p.g.a. dårlig spiring.

T a b e l 1. De analyserede *Abies procera* provenienser.
T a b e l 1. List of Abies procera provenances tested.

| Nr.* No. | Proveniens Provenance | Land State | Breddegrad Latitude 'N | Længdegrad Longitude 'V | Højde Altitude m |
|-------------|--------------------------|---------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 13001 | Odell Butte, | Oregon | 43° 27' | 121° 52' | 1950 |
| 13003 | Grass Mtn., | " | 44° 26' | 123° 40' | 1060 |
| 13004 | Marys Peak, | " | 44° 30' | 123° 33' | 1065 |
| 13005 | Fisher Point, | " | 44° 33' | 122° 02' | 1220 |
| 13006 | Snow Peak, | " | 44° 39' | 122° 40' | 1060 |
| 13007 | Elk Lake, | " | 44° 49' | 122° 06' | 1200 |
| 13008 | Laurel Mtn., | " | 44° 56' | 123° 35' | 975 |
| 13009 | Molalla, | " | 45° 06' | 122° 18' | 1130 |
| 13010 | Elk Mtn., | " | 45° 20' | 121° 39' | 1220 |
| 13011 | Larch Mtn., | " | 45° 32' | 122° 06' | 975 |
| 13012 | Mt. Defiance, | " | 45° 38' | 121° 44' | 1125 |
| 13013 | Honour Camp, | Washington | 45° 43' | 122° 17' | 975 |
| 13014 | Red Mtn., | " | 45° 56' | 121° 50' | 1220 |
| 13015 | Hungry Peak, | " | 46° 07' | 121° 54' | 1280 |
| 13016 | French Butte, | " | 46° 20' | 121° 57' | 1300 |
| 13017 | Mud Lake, | " | 46° 24' | 121° 37' | 1425 |
| 13018 | McKinley Lake, | " | 46° 35' | 122° 08' | 900 |
| 13019 | Corral Pass, | " | 47° 01' | 121° 28' | 1615 |
| 13020 | Stampede Pass, | " | 47° 14' | 121° 22' | 1065 |
| 13021 | Stevens Pass, | " | 47° 43' | 121° 08' | 1000 |
| 13022 | Overgård F. 402, | Danmark | | | |
| 51 | Ulborg, Stråsø afd. 128, | " | | | |
| 52 | Frijsenborg F. 401, | " | | | |
| 54 | Frijsenborg F. 240b, | " | | | |

* Nr. 13001-13022 er indsamlet gennem IUFRO.

3. FORSØGSMETODER

Vækstanalyse

I forårene 1981, 1982 og 1983 blev der foretaget vækstanalyse på 10 planter pr. proveniens. Vækstanalysen omfattede måling af højde, samt registrering af antallet af sidegrene af 1. og 2. orden. Efter endt måling blev planternes rodsystem frilagt og hele planten tørret ved 105°C, hvorefter en registrering af tørstofvægten fordelt til rod, top og nåle blev gennemført. Udfra de målte parametre blev en række afledede størrelser beregnet (top/rod-forhold, nåletørstof pr. løbende cm skudlængde m.m.).

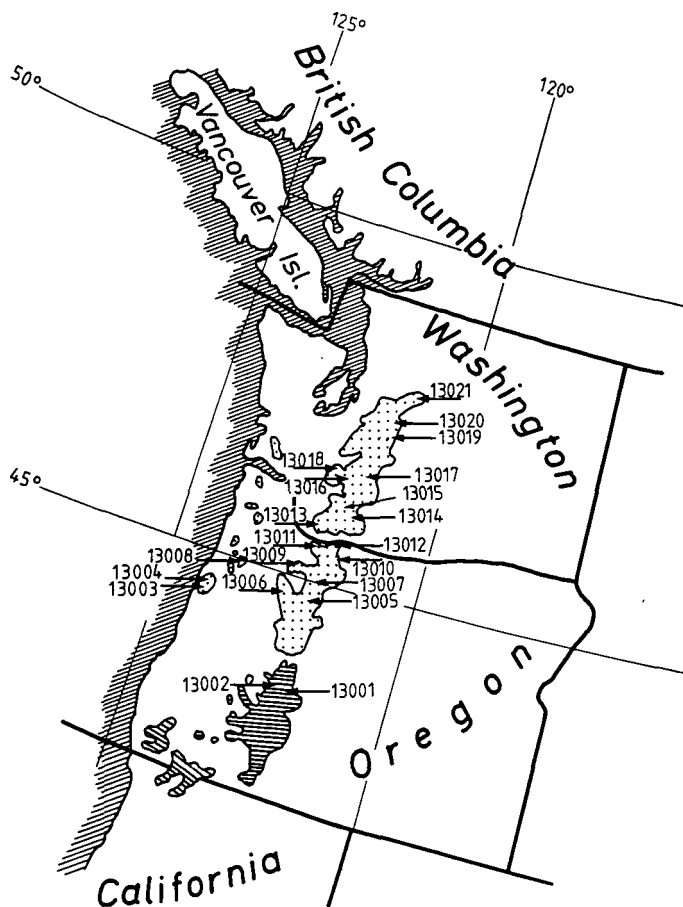
☺

Skudmorfologi og nålefarve

I foråret 1983 (4 år fra frø) undersøgtes nålemorfologien på 10 planter pr. proveniens. Disse undersøgelser omfattede følgende parametre:

Skudformen blev registeret ved at måle højden og bredden af skuddet på dets midte, forholdet mellem disse to størrelser er da et udtryk for skudformen.

Nålestillingen blev bedømt efter en 5-delt skala, hvor 1 kendetegner det helt flade skud uden tendens til opadbøjede nåle, og 5 kendetegner skuddet, hvor alle nålene er stærk opadbøjede, således at skuddet får et tandbørstelignende udseende. Skalatrinen 2,3 og 4 gengiver mellemformerne mellem disse ekstremer.



Figur 1. Beliggenhed af de undersøgte provenienser.
 Figure 1. Location of the provenances tested.

Nålefarven blev bedømt efter en 5-delt skala, hvor 1 = gul, 2 = gulgrøn, 3 = grøn, 4 = grønblå og 5 = blå. Nålefarvemålingerne omfattede udover de 10 planter pr. proveniens også de 7, der blev underkastet frost- og tørkeresistensundersøgelserne.

Udspringsundersøgelser

I foråret 1983 blev udspringstidspunktet undersøgt på det da 2-årige plantemateriale. Sådanne udspringsundersøgelser giver relativt nøjagtig information om materialets resistens overfor forårsfrost. Udspringsundersøgelserne gennemførtes i perioden fra 1. april til 5. maj på 25 planter pr. proveniens, idet hver plantes udspringsgrad blev bedømt hver 3. dag efter en firedelt skala (1 = knop uden reaktion, 2 = knop opsvulmet, 3 = det nye skud åbnet penselformet, 4 = det nye skud fuldt åbnet). Udspringsagttagelserne

omfattede både terminalknopper og sideknopper. Herefter blev for hver proveniens fastlagt antallet af dage regnet fra den 1. april til knoppen (terminal- eller sideknop), havde nået udspringsgraden 2.5. Dette stadium, der kendetegner overgangen fra den endnu lukkede knop til det åbende nye skud, er karakteriseret ved at besidde den største frostfølsomhed (*Larsen 1978a*).

Frostresistens

Ved undersøgelser af frostresistensen er det vigtig at skelne mellem på den ene side efterårs- og vinterfrostresistens og på den anden side forårsfrostresistens. Da udspringsundersøgelserne giver et udmærket billede af forårsfrostresistensen, blev der, for at samle information om proveniensernes resistens overfor efterårs- og vinterfrost, gennemført to frosttests den 24.11.81 og den 22.11.82 på henholdsvis 7 planter pr. proveniens. Frostresistenstesten blev gennemført med den af *Larsen (1978a)* udviklede metode. Til brug for denne test, bliver 5 sideskud pr. plante afskåret og umiddelbart derefter underkastet 5 forskellige testtemperaturer (et skud pr. niveau). Testen gennemførtes under følgende standardiserede betingelser: nedkølingshastighed $-6^{\circ}\text{C}/\text{time}$, varighed af testtemperaturen 4 timer, optøningshastighed $+6^{\circ}\text{C}/\text{time}$. Desuden opholdt plantematerialet sig 3 timer ved $+2^{\circ}\text{C}$ henholdsvis før og efter testen. Ved de gennemførte test anvendtes testtemperaturerne -12°C , -15°C , -18.5°C , -22°C og -26°C . Efter testen overførtes skuddene til et væksthuse, hvor de blev sat i fugtigt sand (som stiklinger) ved 100 % relativ luftfugtighed og 15°C . Efter 4 ugers ophold her blev de opståede frostskaeder på henholdsvis nåle og knopper bedømt okulært. Ud fra sammenhængen mellem de 5 testtemperaturer og de dertil svarende procentuelt registrerede frostskaeder blev den enkelte proveniens' frostresistensniveau beregnet som den temperatur, hvor 50 % af plantematerialet (nåle, knopper) er dræbt (LT50). Selve beregningsmetoden er gengivet hos *Larsen (1978a)*.

Vandhusholdning og tørkeresistens

Undersøgelser af proveniensernes vandhusholdning og tørkeresistens blev gennemført i efteråret 1982 med det samme plantemateriale, der blev testet for frostresistens (7 planter pr. proveniens). Undersøgelserne omfattede en bestemmelse af planternes cuticulære transpirationsmodstand med en metode beskrevet af *Rossa og Larsen (1980)*. Metoden bygger på gravimetrisk transpirationsmålinger på afskårne sidegrene som følger: af hver plante blev der afskåret en ca. 8 cm lang sidegren fra øverste grenkrans, der umiddelbart herpå blev vejlet på en analysevægt (mindste måleenhed 0.1 mg). Herefter blev grenen anbragt i et klimakammer under følgende udtørningsbetingelser: 15°C , 40 % relativ luftfugtighed og 30 K-lux lysintensitet). Yderligere vejninger skete herefter efter 1, 4, 18 og 27 timer. Efter sidste vejning blev grenene tørret 24 timer ved 105°C , hvorefter deres tørstofvægt bestemtes. Vægttabet pr. tidsenhed kan da sættes lig med vandtabet (=transpirationen), og ved beregningen er vandindholdet sat i relation til den øjeblikkelige friskvægt efter følgende formel:

$(V_i - V_o) \times 100 / V_i$, hvor

V_i = grenens vægt ved den enkelte måling og

V_o = grenens tørvægt.

Ved at anvende denne beregningsmetode kan man ud fra forløbet af vandindholdet over udtørringstidsrummet skelne mellem 3 transpirationsfaser; nemlig den stomatære fase, lukkefasen og den cuticulære fase, idet den stomatære og den cuticulære fase er karakteriseret ved et lineært forløb (fald) i vandindholdet (*Hygen* 1951). For at kunne bestemme den for tørkeresistensen vigtige cuticulære transpiration, blev der for hver plante beregnet vandtabet i % pr. time mellem de sidste to målinger (efter 18 og 27 timers eksponering), efter at det var blevet godtgjort, at alle planterne befandt sig i den cuticulære transpirationsfase ved målingen efter 18 timer. Denne størrelse (vandtab i % pr. time) gengiver den cuticulære transpiration og er herved et udtryk for den cuticulære transpirationsmodstand. En numerisk høj værdi er udtryk for en stor transpiration, d.v.s. en lav transpirationsmodstand og vise versa. Desuden blev der foretaget en bestemmelse af grenenes vandindhold ved forsøgsstarten, denne størrelse indgår også i resultatsdelen.

4. RESULTATER

4.1 Vækstanalyser

Højdevækst

Højdeudviklingen efter 2., 3. og 4. år fremgår af tabel 2. På alle 3 alderstrin er der højt signifikante forskelle mellem proveniensernes højdevækst ($\alpha < 0.0001$). Den gennemsnitlige højde af alle provenienser efter 2 år er 9.2 cm, efter 3 år 20.2 cm og efter 4 år 25.1 cm. Den relative ringe vækstudvikling fra 3. til 4. år skyldes, at planterne til vækstanalysen efter det 4. år i den 3. vækstperiode havde været underforsynet med næringsstoffer p.g.a. en fejl i gødningstilsførslen. LSD-værdierne (Least Significant Difference) for de 3 år er henholdsvis 1.6 cm, 2.2 cm og 2.8 cm ($\alpha = 0.05$). En samlet variansanalyse over provenienser og år gav tilsvarende højt signifikante proveniensforskelle, men der kunne desuden konstateres en signifikant vekselvirkning mellem proveniens og år. Dette betyder, at proveniensernes relative højdeudvikling ikke er konstant fra år til år, og skyldes formodentlig, at de mest hurtigtvoksende provenienser med stigende alder og udvikling har haft relativt færre næringsstoffer til rådighed end de mere langsomtvoksende herkomster p.g.a. det konstante og relativt begrænsede rodvolumen i de anvendte pletter. Man kan dog ikke afvise, at en del af vekselvirkningen kan være af genetisk art, og dette vil i så fald mindske anvendeligheden af resultaterne til at bedømme den fremtidige vækstudvikling. I sidste spalte i tabel 2 er den gennemsnitlige vækstudvikling (over alle 3 år) af de enkelte provenienser beregnet som relative tal (100 = forsøggennemsnit). Her anskueliggøres de store forskelle i vækstudviklingen. I bunden ligger nr. 01 (Odell Butte) fra det sydlige Oregon; denne proveniens er ikke nogen ren *A. procera*, men repræsenterer givetvis en overgangsform til *A. magnifica*. Betragter vi de rene *nobilis* provenienser, kan der også konstateres store vækstforskelle, selv inden for

T a b e l 2. Højde efter 2 (1981), 3 (1982) og 4 (1983) år samt den relative gennemsnitlige højde over alle 3 år (100 = forsøgsmiddel).

T a b e l 2. Height after 2 (1981), 3 (1982) and 4 (1983) years and the relative mean height over all 3 years (100 = mean of all provenances).

| Nr. No. | Proveniens Provenance | Land State | Højde i cm/Height in cm | | | rel. (\bar{x}) |
|------------|---------------------------|---------------|-------------------------|------|------|--------------------|
| | | | 1981 | 1982 | 1983 | |
| 13001 | Odell Butte, | Oregon | 5.9 | 11.4 | 14.4 | 56 |
| 13003 | Grass Mtn., | " | 9.4 | 16.9 | 20.7 | 82 |
| 13004 | Marys Peak, | " | 10.4 | 17.5 | 22.2 | 88 |
| 13005 | Fisher Point, | " | 11.5 | 21.2 | 24.4 | 100 |
| 13006 | Snow Peak, | " | 12.6 | 18.6 | 26.0 | 100 |
| 13007 | Elk Lake, | " | 11.3 | 20.2 | 25.6 | 100 |
| 13008 | Laurel Mtn., | " | 14.4 | 23.9 | 28.7 | 118 |
| 13009 | Molalla, | " | 12.2 | 21.1 | 27.6 | 107 |
| 13010 | Elk Mtn., | " | 11.6 | 22.1 | 27.1 | 107 |
| 13011 | Larch Mtn., | " | 12.1 | 23.4 | 25.8 | 107 |
| 13012 | Mt. Defiance, | " | 11.7 | 21.4 | 28.2 | 107 |
| 13013 | Honour Camp, | Washington | 13.0 | 21.8 | 26.3 | 107 |
| 13014 | Red Mtn., | " | 11.0 | 19.8 | 24.9 | 98 |
| 13015 | Hungry Peak, | " | 12.6 | 21.0 | 26.6 | 106 |
| 13016 | French Butte, | " | 11.5 | 20.9 | 23.8 | 98 |
| 13017 | Mud Lake, | " | 12.8 | 22.2 | 24.3 | 104 |
| 13018 | McKinley Lake, | " | 13.0 | 22.5 | 28.4 | 112 |
| 13019 | Corral Pass, | " | 14.7 | 24.5 | 29.3 | 120 |
| 13020 | Stampede Pass, | " | 13.2 | 22.6 | 25.7 | 108 |
| 13021 | Stevens Pass, | " | 13.4 | 21.5 | 26.3 | 107 |
| 13022 | Overgård F. 402, | Danmark | 11.7 | 20.7 | 25.1 | 101 |
| 51 | Ulfborg, Stråsø afd. 128, | " | 12.9 | 20.5 | 26.6 | 105 |
| 52 | Frijsenborg F. 401, | " | 9.4 | 16.1 | 23.1 | 85 |
| 54 | Frijsenborg F. 240b, | " | 9.1 | 13.9 | 21.2 | 77 |

geografisk relativt små afstande: De tre provenienser fra Kystbjergene i Oregon repræsenterer således hele variationsbredden i vækst, idet nr. 03 (Grass Mtn.) og 04 (Marys Peak) ligger vækstmæssigt lavest med 18 % henholdsvis 12 % under forsøgsmiddel, mens nr. 08 (Laurel Mtn.) med 18 % over forsøgsmiddel vækstmæssigt ligger i top (den geografiske afstand mellem de 3 provenienser er mindre end 50 km). Provenienserne fra Cascadebjergene i Oregon og Washington viser indbyrdes mindre vækstofforskelle. Provenienserne fra Midtoregon (05, 06 og 07) viser en ensartet vækstudvikling på forsøgsgennemsnittet. Tilsvarende udvikler provenienserne omkring Columbiafloden (nordlige Oregon, sydlige Washington: 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15) sig relativt ensartet men noget hurtigere (6-7 % over gennemsnittet); kun nr. 14 ligger noget lavere. Provenienserne fra den centrale del af Washington viser en hurtig, omend noget uensartet vækstudvikling. Således har nr. 19 (Corral Pass) med 20 % over gennemsnittet vist den bedste vækst af alle provenienser; men igen findes der her provenienser, der ligger væsentligt lavere (f.eks. nr. 16, French Butte med 2 % under middel).

De danske frøkluder indeholder en tilsvarende relativ stor variation i væksten; den bedste vækstudvikling med 5 % henholdsvis 1 % over middel er opnået af nr. 51 (Ulfborg, Stråsø) og nr. 22 (Overgård, F. 402), modsvarende ligger nr. 52 (Frijsenborg F. 401) og nr. 54 (Frijsenborg, F. 240 b) med 15 % henholdsvis 23 % under forsøgsmiddelet vækstmæssigt meget lavt.

Grenudvikling

Grenudvikling ved 4 års alderen fremgår af tabel 3. Antal sidegrene af 1. orden varierer fra 5.5 (nr. 01) til 14.5 (nr. 19), og der synes således at være en vis sammenhæng mellem højdevækst og grenantal. En beregnet LSD-værdi på 2.4 betyder, at forskellen i grenantallet mellem 2 provenienser må være større end 2.4 for at være signifikant på 5 % niveauet; heraf fremgår det, at der ikke er de store statistisk sikre forskelle mellem provenienserne. Sidegren 1./højde giver et udtryk for forgreningen efter korrektion for vækst (antal sidegrene pr. løbende cm højde, sidste spalte i tabel 3). Også her kan der konstateres signifikante proveniensforskelle (LSD-værdi = 0.09), skønt der ikke synes at være nogen tydelig geografisk gruppering. Provenienser fra Cascadebjergene i Washington har gennemsnitlig et større antal grene pr. løbende cm højde (0.48) end Oregonprovenienserne (0.44). Det mest karakteristiske er dog, at alle 4 danske herkomster ligger lavest m.h.t. denne egenskab (0.40-0.42) grene af 1. orden pr. cm højde).

Antallet af sidegrene af 2. orden varierer tilsvarende stærkt mellem provenienserne, og også denne variation er afhængig af højdevæksten. Et udtryk for forgreningsgraden, nemlig forholdet mellem antallet af sidegrene af 2. og af 1. orden (antallet af sidegrene af 2. orden pr. sidegren af 1. orden) gives i tabel 3 spalte 3. Denne størrelse varierer stærkt

T a b e l 3. Antal sidegrene af 1. og 2. orden, antal sidegrene af 2. orden pr. sidegren af 1. orden samt antal sidegrene af 1. orden pr. løbende cm højde målt ved 4 års alder (1983).

T a b l e 3. Number of branches of 1. and 2. order, number of branches of 2. order per branches of 1. order and number of branches of 1. order per cm height measured at 4 years of age (1983).

| Nr. | Proveniens | Land | Sidegren 1. | Sidegren 2. | Sidegren 2. Sidegren 1. | Sidegren 1. højde |
|-------|--------------------------|------------|-------------|-------------|----------------------------|----------------------|
| No. | Provenance | State | Branch 1. | Branch 2. | Branch 2. Branch 1. | Branch 1. height |
| 13001 | Odell Butte, | Oregon | 5.5 | 2.0 | 0.34 | 0.39 |
| 13003 | Grass Mtn., | " | 10.1 | 16.9 | 1.66 | 0.49 |
| 13004 | Marys Peak, | " | 11.1 | 13.5 | 1.24 | 0.50 |
| 13005 | Fisher Point, | " | 11.8 | 8.7 | 0.74 | 0.48 |
| 13006 | Snow Peak, | " | 11.6 | 10.9 | 0.90 | 0.44 |
| 13007 | Elk Lake, | " | 11.8 | 13.3 | 1.20 | 0.46 |
| 13008 | Laurel Mtn., | " | 11.8 | 15.9 | 1.37 | 0.42 |
| 13009 | Molalla, | " | 12.5 | 9.8 | 0.84 | 0.45 |
| 13010 | Elk Mtn., | " | 12.6 | 7.2 | 0.58 | 0.46 |
| 13011 | Larch Mtn., | " | 10.6 | 16.5 | 1.65 | 0.41 |
| 13012 | Mt. Defiance, | " | 11.3 | 13.7 | 1.22 | 0.41 |
| 13013 | Honour Camp, | Washington | 12.3 | 14.8 | 1.16 | 0.48 |
| 13014 | Red Mtn., | " | 12.6 | 11.0 | 0.84 | 0.51 |
| 13015 | Hungry Peak, | " | 13.7 | 12.8 | 0.91 | 0.51 |
| 13016 | French Butte, | " | 10.5 | 9.4 | 0.84 | 0.44 |
| 13017 | Mud Lake, | " | 11.4 | 8.5 | 0.73 | 0.48 |
| 13018 | McKinley Lake, | " | 13.5 | 10.3 | 0.73 | 0.47 |
| 13019 | Corral Pass, | " | 14.5 | 15.7 | 1.09 | 0.50 |
| 13020 | Stampede Pass, | " | 12.8 | 11.9 | 0.94 | 0.50 |
| 13021 | Stevens Pass, | " | 12.0 | 10.6 | 0.86 | 0.45 |
| 13022 | Overgård F. 402, | Danmark | 10.5 | 10.0 | 0.94 | 0.42 |
| 51 | Ulborg, Stråsø afd. 128, | " | 10.5 | 15.8 | 1.53 | 0.40 |
| 52 | Frijsenborg F. 401, | " | 9.4 | 10.8 | 1.20 | 0.41 |
| 54 | Frijsenborg F. 240b, | " | 8.9 | 9.0 | 0.97 | 0.42 |

mellem provenienserne (fra 0.34 til 1.65), og forskelle større end 0.5 må antages at være signifikante (LSD-værdi 0.50 ved $\alpha = 0.05$). Noget tydeligt geografisk variationsmønster synes der ikke umiddelbart at foreligge. Provenienserne fra Kystbjergene i Oregon (03, 04, 08) viser en høj forgreningsgrad (henholdsvis 1.66, 1.24 og 1.37), og provenienserne fra den nordlige del af udbredelsesområdet i Washington (nr. 13-21) ligger med værdier fra 0.73 til 1.16 relativt lavt. I Cascadebjergene i Oregon findes der derimod både provenienser med en meget lav forgreningsgrad (05, 06, 09, 10) og provenienser med en høj forgreningsgrad (07, 11, 12).

Tørstofproduktion og -fordeling

Den samlede overjordiske tørstofproduktion (skud) efter 2., 3. og 4. år er angivet i tabel 4. Ved alle tre opgørelser var forskellene mellem provenienserne højt signifikante (LSD-værdier på henholdsvis 0.41, 1.52 og 5.26). I lighed med højdemålingerne blev der konstateret et signifikant samspil mellem proveniens og år. Forklaringen på dette forhold er den samme som før højdevæksten. Sidste spalte i tabel 4 gengiver de relative gennemsnitlige værdier af tørstofproduktionen for de enkelte provenienser. Disse værdier stemmer godt overens med de tilsvarende værdier for højdevæksten, blot er de relative forskelle endnu større for tørstofproduktionen end for højdevæksten, idet de varierer fra 31 % til 128 % mod 56 % - 120 % for højden. Den laveste tørstofproduktion er præsteret

T a b e l 4. Tørstofproduktion af top efter 2 (1981), 3 (1982) og 4 (1983) år samt den relative gennemsnitlige tørstofproduktion over alle 3 år (100 = middel af alle provenienser).

T a b e l e 4. Dry matter production of the shoot after 2 (1981), 3 (1982) and 4 (1983) years and the relative mean dry matter production over all 3 years (100 = mean of all provenances).

| Nr. No. | Provens Provenance | Land State | Tørstofproduktion (g)/Dry matter production (g) | | | |
|------------|--------------------------|---------------|---|------|-------|--------------------|
| | | | 1981 | 1982 | 1983 | rel. (\bar{x}) |
| 13001 | Odell Butte, | Oregon | 0.51 | 2.19 | 5.42 | 31 |
| 13003 | Grass Mtn., | " | 1.16 | 4.46 | 18.86 | 93 |
| 13004 | Marys Peak, | " | 1.26 | 4.80 | 16.99 | 87 |
| 13005 | Fisher Point, | " | 1.41 | 5.46 | 16.29 | 88 |
| 13006 | Snow Peak, | " | 1.83 | 4.96 | 17.81 | 93 |
| 13007 | Elk Lake, | " | 1.20 | 5.37 | 20.89 | 104 |
| 13008 | Laurel Mtn., | " | 1.95 | 7.73 | 23.23 | 125 |
| 13009 | Molalla, | " | 1.40 | 5.78 | 21.45 | 108 |
| 13010 | Elk Mtn., | " | 1.52 | 6.20 | 20.36 | 106 |
| 13011 | Larch Mtn., | " | 1.51 | 6.03 | 21.13 | 109 |
| 13012 | Mt. Defiance, | " | 1.37 | 5.77 | 23.12 | 115 |
| 13013 | Honour Camp, | Washington | 2.05 | 6.20 | 21.37 | 112 |
| 13014 | Red Mtn., | " | 1.46 | 5.19 | 21.06 | 105 |
| 13015 | Hungry Peak, | " | 1.69 | 5.44 | 19.39 | 100 |
| 13016 | French Butte, | " | 1.65 | 6.28 | 14.92 | 87 |
| 13017 | Mud Lake, | " | 1.69 | 7.01 | 17.11 | 98 |
| 13018 | McKinley Lake, | " | 1.83 | 7.40 | 21.03 | 115 |
| 13019 | Corral Pass, | " | 1.69 | 8.15 | 23.84 | 128 |
| 13020 | Stampede Pass, | " | 1.70 | 6.53 | 18.57 | 101 |
| 13021 | Stevens Pass, | " | 1.79 | 5.96 | 15.69 | 89 |
| 13022 | Overgård F. 402, | Danmark | 1.69 | 6.37 | 20.42 | 108 |
| 51 | Ulborg, Stråsø afd. 128, | " | 1.89 | 6.90 | 24.21 | 125 |
| 52 | Frijsenborg F. 401, | " | 1.39 | 4.56 | 18.58 | 93 |
| 54 | Frijsenborg F. 240b, | " | 1.01 | 3.78 | 16.90 | 82 |

af proveniens nr. 01 med 69 % under middel. De tre provenienser fra Kystbjergene i Oregon viser i lighed med højden en meget stor spredning (fra 13 % under til 25 % over middel). Tørstofproduktionen af provenienserne fra Cascadebjergene varierer også stærkt, og denne variation er vanskelig at forklare ud fra geografiske parametre. Provenienserne omkring Columbiafloden (nr. 09, 10, 11, 12, 13, 14) ligger relativt højt og nogenlunde stabilt mellem 5-15 % over middel. Provenienserne fra den nordlige del af udbredelsen i Centralwashington (nr. 16, 17, 18, 19, 20, 21) varierer derimod meget stærkt; fra 13 % under (nr. 16) til 28 % over middel (nr. 19).

Tabel 5 gengiver nålemassen (g) pr. løbende cm højde. Denne størrelse giver et udtryk for *nåletætheden* og er hermed en vigtig parameter for bedømmelse af pyntegrøntegnetheden. Nåletætheden stiger stærkt med alderen, idet den gennemsnitlig er 0.07, 0.14 og 0.40 g/cm ved henholdsvis 2., 3. og 4. år. På alle 3 alderstrin er der højt signifikante proveniensforskelle (LSD-værdierne for de tre aldre er 0.014, 0.033 og 0.10). Samtidigt blev der dog også konstateret et signifikant samspil mellem proveniens og år. Sidste spalte i tabellen gengiver de relative værdier af nåletætheden for de tre år. De tre provenienser fra Kystbjergene (nr. 03, 04 og 08) ligger relativt højt m.h.t. nåletæthed omend med nogen variation (fra 97-112 %). Kaskadeprovenienserne viser et interessant variationsmønster: den højeste nåletæthed (fra 101-110 %) findes blandt provenienserne omkring

- Tabel 5. Nålemassen pr. løbende cm højde (g/cm) efter 2., 3. og 4. år samt den gennemsnitlige nålemasse pr. cm højde over alle 3 år (100 = middel af alle provenienser).

T a b e l 5. Needle dry matter per cm height (g/cm) after 2., 3. and 4. years and the mean needle dry matter per cm height over all 3 years (100 = mean of all provenances).

| Nr. | Provensiens | Land | Nålemasse | | Needle dry matter | |
|-------|--------------------------|------------|-----------|------|-------------------|--------------------|
| | | | højde | | height | |
| No. | Provenance | State | 1981 | 1982 | 1983 | rel. (\bar{x}) |
| 13001 | Odell Butte, | Oregon | 0.051 | 0.11 | 0.21 | 61 |
| 13003 | Grass Mtn., | " | 0.068 | 0.13 | 0.49 | 112 |
| 13004 | Marys Peak, | " | 0.065 | 0.13 | 0.40 | 97 |
| 13005 | Fisher Point, | " | 0.065 | 0.12 | 0.33 | 85 |
| 13006 | Snow Peak, | " | 0.074 | 0.13 | 0.35 | 92 |
| 13007 | Elk Lake, | " | 0.056 | 0.13 | 0.43 | 101 |
| 13008 | Laurel Mtn., | " | 0.072 | 0.16 | 0.44 | 110 |
| 13009 | Molalla, | " | 0.061 | 0.13 | 0.40 | 97 |
| 13010 | Elk Mtn., | " | 0.074 | 0.15 | 0.39 | 101 |
| 13011 | Larch Mtn., | " | 0.067 | 0.13 | 0.44 | 104 |
| 13012 | Mt. Defiance, | " | 0.068 | 0.14 | 0.43 | 104 |
| 13013 | Honour Camp, | Washington | 0.088 | 0.13 | 0.44 | 108 |
| 13014 | Red Mtn., | " | 0.073 | 0.13 | 0.46 | 110 |
| 13015 | Hungry Peak, | " | 0.074 | 0.12 | 0.39 | 96 |
| 13016 | French Butte, | " | 0.082 | 0.15 | 0.32 | 91 |
| 13017 | Mud Lake, | " | 0.072 | 0.15 | 0.37 | 98 |
| 13018 | McKinley Lake, | " | 0.074 | 0.16 | 0.37 | 99 |
| 13019 | Corral Pass, | " | 0.059 | 0.17 | 0.41 | 105 |
| 13020 | Stampede Pass, | " | 0.070 | 0.14 | 0.40 | 99 |
| 13021 | Stevens Pass, | " | 0.070 | 0.13 | 0.29 | 80 |
| 13022 | Overgård F. 402, | Danmark | 0.078 | 0.16 | 0.45 | 111 |
| 51 | Ulborg, Stråse afd. 128, | " | 0.081 | 0.17 | 0.49 | 121 |
| 52 | Frijsenborg F. 401, | " | 0.083 | 0.15 | 0.44 | 111 |
| 54 | Frijsenborg F. 240b, | " | 0.063 | 0.15 | 0.46 | 110 |

Columbiafloden (nr. 10, 11, 12, 13, 14), mens provenienserne nordligt (Washington) og sydligt (Oregon) for dette optimalområde ligger væsentligt lavere. Det er desuden karakteristisk, at samtlige danske provenienser på trods af en meget variabel vækstudvikling m.h.t. nåletætheden ligger helt i top (fra 110 til 121 %).

Et andet forsøg på at kvantificere nålemængden hos provenienserne er gjort i tabel 6. Her er forholdet mellem tørstofmængden af nålene og af det samlede skud beregnet. Alle tre alderstrin gav signifikante proveniensforskelle (LSD-værdier på 0.049, 0.033 og 0.034), og den samlede analyse gav intet proveniens-alders samspil. Vi finder her et nogenlunde parallelt variationsmønster som for nåletætheden dog med visse modifikationer. Proveniens nr. 01 fra det sydlige Oregon ligger således med en relativ værdi på 111 bedst, og provenienserne fra Kystbjergene ligger lidt under middel. Kaskadeprovenienserne omkring Columbiafloden ligger lidt over middel, mens provenienserne nord og syd for ligger under middel. De danske provenienser ligger alle over middel (101-108 %).

Top/rod-forholdet

Ved vækstanalysen efter 2. og 3. år blev planternes rodsystem frilagt, hvorefter tørstofmængden af både den overjordiske del og af rodsystemet kunne kvantificeres.

Tabel 6. Forholdet mellem tørstof af nåle og skud efter 2., 3. og 4. år samt det gennemsnitlige relative forhold over alle 3 år (100 = middel af alle provenienser).

Table 6. Ratio between dry matter of needles and top after 2., 3. and 4. year and the relative mean ratio over all 3 years (100 = mean of all provenances).

| Nr. | Proveniens | Land | Nålemasse Skudmasse | | Needle dry matter Top dry matter | |
|-------|--------------------------|------------|------------------------|------|-------------------------------------|--------------------|
| No. | Provenance | State | 1981 | 1982 | 1983 | rel. (\bar{x}) |
| 13001 | Odell Butte, | Oregon | 0.58 | 0.59 | 0.59 | 111 |
| 13003 | Grass Mtn., | " | 0.57 | 0.51 | 0.53 | 101 |
| 13004 | Marys Peak, | " | 0.54 | 0.47 | 0.51 | 96 |
| 13005 | Fisher Point, | " | 0.55 | 0.48 | 0.49 | 96 |
| 13006 | Snow Peak, | " | 0.53 | 0.52 | 0.52 | 99 |
| 13007 | Elk Lake, | " | 0.53 | 0.49 | 0.53 | 97 |
| 13008 | Laurel Mtn., | " | 0.53 | 0.49 | 0.54 | 99 |
| 13009 | Molalla, | " | 0.54 | 0.47 | 0.52 | 97 |
| 13010 | Elk Mtn., | " | 0.56 | 0.52 | 0.52 | 101 |
| 13011 | Larch Mtn., | " | 0.54 | 0.49 | 0.54 | 99 |
| 13012 | Mt. Defiance, | " | 0.59 | 0.51 | 0.53 | 103 |
| 13013 | Honour Camp, | Washington | 0.56 | 0.49 | 0.53 | 100 |
| 13014 | Red Mtn., | " | 0.56 | 0.50 | 0.55 | 101 |
| 13015 | Hungry Peak, | " | 0.56 | 0.47 | 0.53 | 99 |
| 13016 | French Butte, | " | 0.57 | 0.51 | 0.52 | 101 |
| 13017 | Mud Lake, | " | 0.56 | 0.50 | 0.54 | 101 |
| 13018 | McKinley Lake, | " | 0.54 | 0.49 | 0.50 | 96 |
| 13019 | Corral Pass, | " | 0.50 | 0.52 | 0.51 | 96 |
| 13020 | Stampede Pass, | " | 0.54 | 0.47 | 0.54 | 98 |
| 13021 | Stevens Pass, | " | 0.52 | 0.47 | 0.50 | 94 |
| 13022 | Overgård F. 402, | Danmark | 0.55 | 0.50 | 0.55 | 101 |
| 51 | Ulborg, Stråse afd. 128, | " | 0.56 | 0.50 | 0.54 | 101 |
| 52 | Frijsenborg F. 401, | " | 0.56 | 0.55 | 0.55 | 105 |
| 54 | Frijsenborg F. 240b, | " | 0.57 | 0.56 | 0.57 | 108 |

T a b e l 7. Top/rod forhold efter 2. og 3. år samt det gennemsnitlige top/rod forhold.
T a b l e 7. Top/root ratio after 2. and 3. year and the mean top/root ratio.

| Nr. No. | Proveniens Provenance | Land State | Top/rod | | Top/root |
|------------|--------------------------|---------------|---------|------|-----------|
| | | | 1981 | 1982 | \bar{x} |
| 13001 | Odell Butte, | Oregon | 1.85 | 1.22 | 1.53 |
| 13003 | Grass Mtn., | " | 2.32 | 1.32 | 1.82 |
| 13004 | Marys Peak, | " | 2.59 | 1.55 | 2.07 |
| 13005 | Fisher Point, | " | 2.06 | 1.24 | 1.65 |
| 13006 | Snow Peak, | " | 2.43 | 1.37 | 1.90 |
| 13007 | Elk Lake, | " | 2.27 | 1.18 | 1.72 |
| 13008 | Laurel Mtn., | " | 2.96 | 1.59 | 2.28 |
| 13009 | Molalla, | " | 2.97 | 1.38 | 2.17 |
| 13010 | Elk Mtn., | " | 2.34 | 1.40 | 1.87 |
| 13011 | Larch Mtn., | " | 2.53 | 1.51 | 2.02 |
| 13012 | Mt. Defiance, | " | 2.33 | 1.25 | 1.78 |
| 13013 | Honour Camp, | Washington | 2.78 | 1.52 | 2.15 |
| 13014 | Red Mtn., | " | 2.51 | 1.52 | 2.01 |
| 13015 | Hungry Peak, | " | 2.36 | 1.53 | 1.94 |
| 13016 | French Butte, | " | 2.68 | 1.30 | 1.99 |
| 13017 | Mud Lake, | " | 1.94 | 1.29 | 1.62 |
| 13018 | McKinley Lake, | " | 2.52 | 1.43 | 1.97 |
| 13019 | Corral Pass, | " | 2.31 | 1.33 | 1.82 |
| 13020 | Stampede Pass, | " | 2.11 | 1.41 | 1.76 |
| 13021 | Stevens Pass, | " | 2.30 | 1.29 | 1.79 |
| 13022 | Overgård F. 402, | Danmark | 1.92 | 1.22 | 1.57 |
| 51 | Ulborg, Stråsø afd. 128, | " | 2.30 | 1.40 | 1.85 |
| 52 | Frijsenborg F. 401, | " | 2.07 | 1.23 | 1.65 |
| 54 | Frijsenborg F. 240b, | " | 1.81 | 1.12 | 1.46 |

Tabel 7 gengiver det ud fra disse målinger beregnede top/rod-forhold. En stor værdi svarer til planter med en stor top i forhold til roden og omvendt. Da der ikke blev konstateret signifikante samspil mellem proveniens og år, er det gennemsnitlige top/rod-forhold blevet beregnet og gengivet i spalte 3. Analyser for de enkelte år og den samlede analyse gav højt signifikante proveniensforskelle med LSD-værdier på henholdsvis 0.48, 0.24 og 0.38. Forholdet falder stærkt fra 2. til 3. år, men relationerne provenienserne imellem bibeholdes. Provenienserne fra Kystbjergene er kendetegnet ved et stort forhold (1.82-2.28). Provenienserne fra Kaskadebjergene viser en stor og uensartet variation. Der er en tendens til at de nordligste (Washington) og de sydligste (Oregon) provenienser har et relativt lavt top/rod-forhold, mens provenienserne fra den centrale del af udbredelsen (omkring Columbiafloden) ligger noget højere. Det er dog i denne sammenhæng særlig interessant, at de danske provenienser ligger meget og tildels ekstremt lavt m.h.t. top/rod-forholdet (gennemsnitlig 1.68 mod et gennemsnit af de amerikanske provenienser på 1.91).

4.2 Skudmorfologi og nålefarve

Tabel 8 gengiver resultaterne af nålemorfologi-undersøgelserne i foråret 1983 på det 4 årige plantemateriale.

Skudform

Skudformen er beregnet som forholdet skudbredde/skudhøjde; d.v.s. en numerisk stor værdi er udtryk for et bredt fladt skud, mens en lav værdi kendetegner et smalt højt skud. Den gennemsnitlige skudform ligger på 2.9 med en variation fra 2.2 til 3.5. Forskellene er højt signifikante (LSD = 0.47). Dette skyldes dog især, at nr. 01 ligger meget lavt (2.3) og nr. 05 ligger meget højt (3.5). De øvrige importerede provenienser (med undtagelse af 08, der også ligger lavt) adskiller sig i denne egenskab ikke signifikant fra hinanden. Anderledes stiller det sig med de danske provenienser, der med værdi fra 2.2 til 2.7 alle ligger i den laveste del af skalaen. Tilsvarende lave værdier for skudformen har de to enkelttræafkom fra nobilisplantagen nr. 118 og nr. 185 med henholdsvis 2.3 og 2.5.

Nålestilling

Denne egenskab blev bedømt efter en skala fra 1 til 5, hvor 1 kendetegner det helt flade skud uden tendenser til opadbøjede nåle, og 5 kendetegner skuddet, hvor alle nålene er stærkt opadbøjede (tandbørsteformet).

Den gennemsnitlige værdi for nålestilling er 3.1 med en variation fra 1.9 til 4.8. Der er konstateret højt signifikante forskelle mellem provenienserne (LSD = 0.87). Proveniensen, der er en overgangsform mellem *A. procera* og *A. magnifica* viser med en værdi på

T a b e l 8. Skudform (bredde/højde), nålestilling og nålefarve efter 4. år.

T a b e l e 8. *Twig shape (width/height), needle position and needle colour at the age of 4 years.*

| Nr. | Provensiens | Land | Skudform $\frac{\text{bredde}}{\text{højde}}$ | Nålestilling | Nålefarve |
|-------|--------------------------|------------|---|-----------------|---------------|
| No. | Provenance | State | Twig shape $\frac{\text{width}}{\text{height}}$ | Needle position | Needle colour |
| 13001 | Odell Butte, | Oregon | 2.3 | 4.8 | 2.8 |
| 13003 | Grass Mtn., | " | 2.9 | 3.7 | 3.4 |
| 13004 | Marys Peak, | " | 2.9 | 2.5 | 2.9 |
| 13005 | Fisher Point, | " | 3.5 | 2.5 | 3.4 |
| 13006 | Snow Peak, | " | 2.9 | 2.7 | 2.8 |
| 13007 | Elk Lake, | " | 2.9 | 3.0 | 3.8 |
| 13008 | Laurel Mtn., | " | 2.6 | 3.0 | 3.2 |
| 13009 | Molalla, | " | 3.0 | 3.0 | 2.8 |
| 13010 | Elk Mtn., | " | 2.8 | 2.7 | 4.1 |
| 13011 | Larch Mtn., | " | 2.9 | 2.9 | 3.5 |
| 13012 | Mt. Defiance, | " | 3.2 | 3.4 | 3.9 |
| 13013 | Honour Camp, | Washington | 3.0 | 3.4 | 3.5 |
| 13014 | Red Mtn., | " | 3.2 | 2.7 | 3.8 |
| 13015 | Hungry Peak, | " | 2.8 | 2.7 | 3.0 |
| 13016 | French Butte, | " | 2.9 | 2.4 | 2.9 |
| 13017 | Mud Lake, | " | 2.9 | 3.0 | 2.9 |
| 13018 | McKinley Lake, | " | 3.2 | 2.4 | 3.0 |
| 13019 | Corral Pass, | " | 3.2 | 1.9 | 3.1 |
| 13020 | Stampede Pass, | " | 2.9 | 2.5 | 3.5 |
| 13021 | Stevens Pass, | " | 2.9 | 2.6 | 2.8 |
| 13022 | Overgård F. 402, | Danmark | 2.2 | 4.2 | 3.7 |
| 51 | Ulborg, Stråsø afd. 128, | " | 2.7 | 3.4 | 3.7 |
| 52 | Frijsenborg F. 401, | " | 2.6 | 4.1 | 3.6 |
| 54 | Frijsenborg F. 240b, | " | 2.6 | 4.0 | 3.5 |

4.8 en tendens til stærkt opadbøjede nåle. De importerede rene A. procera-provenienser viser en relativt beskednen og noget usystematisk variation. Således viser proveniens nr. 03 en høj værdi (3.7) mens naboproveniensen nr. 04 ligger meget og signifikant lavere (2.5). Provenienserne nr. 12 og 13 viser også tendens til stærkt opadbøjede nåle, mens de nordligste provenienser (nr. 14 - 21) har udprægede flade skud (1.9 - 3.0). De danske provenienser er derimod kendetegnet ved stærkt opadbøjede nåle (3.4 - 4.2), hvor F. 402 Overgård ligger bedst. Tilsvarende høje værdier for nålestilling kunne iagttages for de to frøplantageafkom nr. 118 og 185 (4.8 og 3.8).

Nålefarve

Nålefarve er bedømt efter en skala fra 1 - 5, hvor 1 = gul, 2 = gulgrøn, 3 = grøn, 4 = blågrøn og 5 = blå. Resultaterne gengives i tabel 8 spalte 3. Den gennemsnitlige nålefarve er 3.3 med en variation fra 2.8 til 4.1. Forskellene er højt signifikante (LSD = 0.81). Proveniens 01 ligger i bunden med 2.8; Kystbjergprovenienserne (03, 04 og 08) ligger omkring middel (2.9-3.2). De store forskelle i nålefarven optræder blandt Kaskadeprovenienserne, og her kan der iagttages et interessant variationsmønster: Provenienserne omkring Columbiafloden viser den stærkeste blåfarvning af alle provenienserne, men indenfor dette område er der tendens til, at de østlige (nr. 10, 12 og 14) med farveværdier på (4.1, 3.9 og 3.8) er mere blå end de vestligste (nr. 11 og 13 begge med en farveværdi på 3.5). Både nord og syd for dette område aftager den blå nålefarve, men også her er der tendens til, at de vestligste provenienser er mere grønne end de østligste. De danske provenienser ligger med værdier på fra 3.5 til 3.7 i den blå ende af skalaen, og dette er endnu mere udpræget for frøplantageafkommene nr. 118 og 185 med værdier på henholdsvis 4.4 og 3.7.

4.3 Udspringsundersøgelser

Udspringsiagttagelserne blev foretaget i foråret 1981 på 25 plantager pr. proveniens; disse iagttagelser omfattede både topknopperne og sideknopperne. Resultaterne er gengivet i tabel 9 som antal dage fra den 1. april til knoppen (top- eller sideknop) havde nået det udspringsstadium, der kendetegner overgangen fra den endnu lukkede knop til det åbnede nye skud. Da disse undersøgelser ikke er blevet gennemført på enkelttræ- men på proveniensniveau, er det p.g.a. manglende gentagelser, ikke muligt at analysere materialet statistisk. Resultaterne giver dog et godt indtryk af variationen i denne forårsfrostresistens vigtige egenskab.

Topknopperne springer gennemsnitligt 4.2 dage senere ud end sideknopperne; differensen mellem udspringstiden for ende- og sideknopperne er gengivet i spalte 4. Når man ser bort fra proveniens 01, der springer ekstremt sent ud, er der ikke de store forskelle i udspringstidspunktet, idet det maximalt varierer ca. 6 dage for topknopper og 4 dage for sideknopper. Variationen i udspring er desuden helt usystematisk. Proveniens nr. 19 har det seneste udspring (16.8 henholdsvis 12.1 dage), men også nr. 06, 07 og 21 er relativt sent udspringende. Et tidligt udspring kendetegner derimod proveniens nr. 16

Table 9. Udspringstidspunkt i antal dage regnet fra den 1. april for topknop og sideknopper.
 Table 9. *Flushing date in days from the 1. of April by the terminal bud and lateral buds respectively.*

| Nr. No. | Proveniens Provenance | Land State | Udspringstidspunkt (dage) / <i>Flushing date (days)</i> | | |
|------------|--------------------------|---------------|---|------------------------------|-------------------------|
| | | | top knop terminal bud | side knopper lateral buds | differens difference |
| 13001 | Odell Butte, | Oregon | 27.0 | 20.7 | 6.3 |
| 13003 | Grass Mtn., | " | 12.7 | 9.9 | 2.8 |
| 13004 | Marys Peak, | " | 13.4 | 10.1 | 3.3 |
| 13005 | Fisher Point, | " | 14.2 | 10.3 | 3.9 |
| 13006 | Snow Peak, | " | 15.4 | 10.9 | 4.5 |
| 13007 | Elk Lake, | " | 15.9 | 10.6 | 5.3 |
| 13008 | Laurel Mtn., | " | 14.3 | 10.0 | 4.3 |
| 13009 | Molalla, | " | 15.0 | 10.8 | 4.2 |
| 13010 | Elk Mtn., | " | 14.8 | 10.6 | 4.2 |
| 13011 | Larch Mtn., | " | 15.1 | 10.7 | 4.4 |
| 13012 | Mt. Defiance, | " | 13.3 | 10.9 | 2.4 |
| 13013 | Honour Camp, | Washington | 14.6 | 10.3 | 4.3 |
| 13014 | Red Mtn., | " | 13.3 | 10.5 | 3.1 |
| 13015 | Hungry Peak, | " | 14.4 | 10.8 | 3.6 |
| 13016 | French Butte, | " | 13.5 | 8.7 | 4.8 |
| 13017 | Mud Lake, | " | 15.2 | 10.8 | 4.4 |
| 13018 | McKinley Lake, | " | 14.2 | 10.3 | 3.9 |
| 13019 | Corral Pass, | " | 16.8 | 12.1 | 4.7 |
| 13020 | Stampede Pass, | " | 13.5 | 10.6 | 2.9 |
| 13021 | Stevens Pass, | " | 15.3 | 10.8 | 4.5 |
| 13022 | Overgård F. 402, | Danmark | 16.3 | 11.1 | 5.2 |
| 51 | Ulborg, Stråse afd. 128, | " | 15.5 | 10.2 | 5.3 |
| 52 | Frijsenborg F. 401, | " | 15.5 | 10.8 | 4.7 |
| 54 | Frijsenborg F. 240b, | " | 10.9 | 8.0 | 2.9 |

med 13.5 henholdsvis 8.7 dage. Det danske materiale omfatter en forbavsende stor variation m.h.t. udspring, idet nr. 22 (Overgård F. 402) med 16.3 og 11.1 ligger i den seneste udspringende del af skalaen, mens nr. 54 (Frijsenborg F. 240 b) med 10.9 og 8.0 viser det tidligste udspring af samtlige provenienser.

4.4 Frostresistens

Efterårs- og vinterfrostresistensen blev testet to gange nemlig på det 3-årige (den 24.11.81) og det 4-årige (den 22.11.82) plantemateriale. Ved hver termin blev 7 planter pr. proveniens testet. Resultaterne af de to tests var helt parallelle, idet der ikke kunne konstateres noget samspil mellem provenienserens frostsresistens og testtermin. I tabel 10 er resultaterne af de to frosttest slået sammen, således at den enkelte proveniens' resistens fremstår som et gennemsnit af 14 planter. Det første der falder i øjnene er, at resistensen af nålene er højere end resistensen af knopperne; dette gælder for samtlige provenienser. Forskellen udgør i gennemsnit ca. 4.1°C, idet den gennemsnitlige nåle- og knopresistens er -21.4°C henholdsvis -17.3°C. Da knopperne er mest frostfølsomme og de samtidig er vigtigst for plantens fortsatte eksistens, er knoppernes frostresistens givetvis den vigtigste parameter til bedømmelse af frostresistensen.

T a b e l 10. Frostresistens (LT50 i °C) af nåle og knopper, testet den 24.11.81 og den 22.11.82.
 T a b l e 10. Frost resistance (LT50 i °C) of needles and buds tested the 24. November 1981 and the 22. November 1982.

| Nr. No. | Proveniens Provenance | Land State | Frostresistens (°C) / Frost resistance (°C) | |
|------------|--------------------------|---------------|---|----------------|
| | | | Nåle - needles | Knopper - buds |
| 13001 | Odell Butte, | Oregon | -23.2 | -19.1 |
| 13003 | Grass Mtn., | " | -20.2 | -17.1 |
| 13004 | Marys Peak, | " | -20.7 | -17.3 |
| 13005 | Fisher Point, | " | -20.0 | -16.2 |
| 13006 | Snow Peak, | " | -19.7 | -16.0 |
| 13007 | Elk Lake, | " | -20.7 | -16.6 |
| 13008 | Laurel Mtn., | " | -21.0 | -18.3 |
| 13009 | Molalla, | " | -22.5 | -18.2 |
| 13010 | Elk Mtn., | " | -23.8 | -19.8 |
| 13011 | Larch Mtn., | " | -19.8 | -16.4 |
| 13012 | Mt. Defiance, | " | -21.1 | -16.2 |
| 13013 | Honour Camp, | Washington | -22.0 | -17.1 |
| 13014 | Red Mtn., | " | -21.4 | -17.3 |
| 13015 | Hungry Peak, | " | -20.9 | -17.4 |
| 13016 | French Butte, | " | -21.5 | -17.5 |
| 13017 | Mud Lake, | " | -20.5 | -17.4 |
| 13018 | McKinley Lake, | " | -20.6 | -16.0 |
| 13019 | Corral Pass, | " | -19.4 | -16.6 |
| 13020 | Stampede Pass, | " | -20.7 | -18.2 |
| 13021 | Stevens Pass, | " | -18.7 | -16.7 |
| 13022 | Overgård F. 402, | Danmark | -24.3 | -17.3 |
| 51 | Ulborg, Stråsø afd. 128, | " | -22.9 | -17.4 |
| 52 | Frijsenborg F. 401, | " | -24.9 | -17.4 |
| 54 | Frijsenborg F. 240b, | " | -23.1 | -16.3 |

Knoppernes frostresistens varierer fra -16.0°C til -19.8°C. Forskellene er højt signifikante, idet LSD-værdien udgør 1.7, d.v.s. at forskelle i resistens over 1.7°C er signifikante på 5 % niveauet. Variationen i resistensen synes derimod helt tilfældigt. Den mest frostresistente er proveniens nr. 10 (Elk. Mtn.) på østsiden af Mt. Hood i det nordlige Oregon, men også proveniens nr. 08 fra Kystbjergene, nr. 09 fra vestsiden af Cascadebjergene i Oregon og nr. 20 fra Cascadebjergene i Washington udviser en høj resistens. Tilsvarende findes provenienser med en lav resistens spredt ud over hele udbredelsesområdet: nr. 05 og 06 fra Cascadebjergene i Midtoregon, nr. 12 fra samme området som den højt resistente proveniens nr. 10 og nr. 18 fra den vestlige del af Cascadebjergene i Washington. Der synes heller ikke at være nogen sammenhæng mellem frostresistensen og proveniensernes vertikale beliggenhed. De danske proveniencers knopresistens ligger midt i feltet med undtagelse af Frijsenborg F. 240 b, der må betegnes som udpræget frostfølsom.

Nålenes frostresistens forløber nogenlunde parallelt med knoppernes, blot er de noget resistente. Forskellene er også her signifikante (LSD = 2.4). De danske provenienser viser dog i denne sammenhæng en interessant afvigelse, idet deres nåleresistens ligger væsentligt højere end deres knopresistens. Således udgør forskellen mellem nålenes og knoppernes resistens for det for det danske materiale 6.7°C svarende til 4.1°C for det samlede materiale.

Tabel 11. Vandindhold (i % af friskvægt) og den cuticulære transpirationsmodstand (vandtab i % pr. time) målt på afskårne grene.

Table 11. Water content (in %) and the cuticular transpiration resistance (water release in % per hour) measured by detached twigs.

| Nr. No. | Proveniens Provenance | Land State | Vandindhold (%) Water content (%) | Transpirationsmodstand Transpiration resistance |
|------------|--------------------------|---------------|--------------------------------------|--|
| 13001 | Odell Butte, | Oregon | 64.7 | -0.25 |
| 13003 | Grass Mtn., | " | 62.2 | -0.18 |
| 13004 | Marys Peak, | " | 61.5 | -0.17 |
| 13005 | Fisher Point, | " | 63.5 | -0.16 |
| 13006 | Snow Peak, | " | 61.8 | -0.16 |
| 13007 | Elk Lake, | " | 62.8 | -0.17 |
| 13008 | Laurel Mtn., | " | 64.4 | -0.14 |
| 13009 | Molalla, | " | 61.8 | -0.16 |
| 13010 | Elk Mtn., | " | 60.4 | -0.13 |
| 13011 | Larch Mtn., | " | 63.3 | -0.16 |
| 13012 | Mt. Defiance, | " | 61.9 | -0.17 |
| 13013 | Honour Camp, | Washington | 61.7 | -0.15 |
| 13014 | Red Mtn., | " | 62.7 | -0.16 |
| 13015 | Hungry Peak, | " | 63.8 | -0.16 |
| 13016 | French Butte, | " | 63.1 | -0.15 |
| 13017 | Mud Lake, | " | 62.7 | -0.17 |
| 13018 | McKinley Lake, | " | 61.0 | -0.17 |
| 13019 | Corral Pass, | " | 62.4 | -0.17 |
| 13020 | Stampede Pass, | " | 62.6 | -0.14 |
| 13021 | Stevens Pass, | " | 60.7 | -0.15 |
| 13022 | Overgård F. 402, | Danmark | 60.4 | -0.21 |
| 51 | Ulborg, Stråsø afd. 128, | " | 60.8 | -0.12 |
| 52 | Frijsenborg F. 401, | " | 61.4 | -0.16 |
| 54 | Frijsenborg F. 240b, | " | 61.2 | -0.14 |

4.5 Vandhusholdning og tørkeresistens

Undersøgelserne blev foretaget i efteråret 1982 med det samme plantemateriale, der blev testet for frostresistens d. 22.11.82. Resultaterne er gengivet i tabel 11. Undersøgelserne er foretaget på en afskåret sidegren fra øverste grenkrans.

Vandindhold

Dette er beregnet i % af friskvægten og varierer fra 64.7 % (nr. 01) til 60.4 % (nr. 10 og 22). Forskellene mellem provenienserne er højt signifikante (LSD = 2.3). Noget tydeligt geografisk variationsmønster synes der ikke at foreligge, idet provenienser med et højt vandindhold (nr. 01, 08, 15, 05, 11, 16) og provenienser med et lavt vandindhold (18, 21, 10) ligger spredt mellem hinanden. Det er derimod karakteristisk, at de danske provenienser alle besidder et relativt lavt vandindhold (fra 60.4 til 61.4 %).

Cuticulær transpirationsmodstand

Spalte 2 i tabel 11 gengiver resultaterne af de cuticulære transpirationsmålinger. Tallene angiver ændringen i vandindhold (i %) pr. time under konstante udtørningsbetin- gelser målt i den cuticulære transpirationsfase (d.v.s. efter at spalteaåbningerne er

lukkede). En numerisk høj værdi svarer til et stort vandtab, hvilket betyder en lav transpirationsmodstand.

Den laveste transpirationsmodstand kendetegner proveniensen 01 (Odell Butte). De rene, importerede nobilisprovenienser varierer m.h.t. transpirationsmodstand fra -0.13 til -0.18 . Et tydeligt geografisk variationsmønster synes ikke at foreligge. Således viser provenienserne nr. 03 og 04 fra Kystbjergene en relativ lav modstand (-0.17 og -0.18), mens den tredje proveniens fra dette område (nr. 08) har en væsentlig højere modstand (-0.14); forskellene er dog ikke signifikante ($LSD = 0.05$). Provenienserne fra Cascadebjergene varierer fra -0.13 til -0.17 , forskellene kan dog ikke tillægges nogen vægt, da de alle ligger inden for LSD -værdien. Blandt de danske provenienser findes den største variation (fra -0.12 til -0.21). F. 402 Overgård er her kendetegnet ved en meget lav transpirationsmodstand (-0.21) og nr. 51, Ulfborg Stråsv ved en meget høj (-0.12); disse forskelle er signifikante.

4.6 Korrelation mellem egenskaberne

For at undersøge eventuelle sammenhænge mellem de forskellige vækstmæssige, morfologiske og fysiologiske karakterer på enkelttræniveauet, blev følgende egenskaber registreret på de planter, der i 1982 blev underkastet frost- og tørkeresistens-test: frostresistens af nåle, frostresistens af knopper, højde, farve, vandindhold og transpirationsmodstand. De indbyrdes korrelationskoefficienter for disse egenskaber er gengivet i tabel 12, således at den øverste trekantmatrix gengiver koefficienterne for de direkte importerede provenienser (nr. 01-21) og den nederste matrix gengiver koefficienterne for de danske provenienser (nr. 22, 51, 52, 54). Det fremgår heraf, at de danske

T a b e l 12. Korrelationskoefficienter på enkelttræniveau: Øvre trekantmatrix fremstiller det importerede materiale (nr. 01-21), mens den nedre trekantmatrix omfatter de danske provenienser (nr. 22, 51, 52 og 54).

T a b l e 12. Correlation coefficients on the single tree level: Upper matrix represents the imported provenances (nos. 01-21), whereas the lower matrix represents the Danish provenances (nos. 22, 51, 52 and 54).

| nr. 01-21 n = 140 | Frost nåle | Frost knop | Højde | Farve | Vandindhold | Transp. modstand |
|---|----------------------|-------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------------------------|
| nr. 22-54 n = 28 | <i>Frost needles</i> | <i>Frost buds</i> | <i>Height</i> | <i>Colour</i> | <i>Water content</i> | <i>Transport resistance</i> |
| Frost nåle <i>Frost needles</i> | – | *** 0.404 | 0.045 | 0.012 | *** 0.490 | –0.099 |
| Frost knop <i>Frost buds</i> | –0.139 | – | 0.065 | –0.128 | –0.049 | 0.047 |
| Højde <i>Height</i> | 0.297 | –0.268 | – | 0.111 | ** –0.230 | *** 0.347 |
| Farve <i>Colour</i> | 0.089 | 0.155 | 0.026 | – | * 0.167 | 0.043 |
| Vandindhold <i>Water content</i> | * 0.450 | –0.308 | 0.159 | * 0.380 | – | ** –0.234 |
| Transp. modstand <i>Transp. resistance</i> | –0.106 | –0.126 | 0.086 | 0.247 | –0.131 | – |

provenienser skiller sig klart ud fra det importerede materiale m.h.t. frostresistensegenskaberne; mens der er en højt signifikant positiv korrelation mellem resistensen af nåle og knopper i det importerede materiale ($r = 0.404$), er der ingen sammenhæng mellem egenskaberne i det danske materiale ($r = -0.139$). Der er ingen sammenhæng mellem højde og frostresistens samt farve; derimod er der i det importerede materiale en signifikant negativ korrelation mellem højde og vandindhold ($r = -0.23$) og en signifikant positiv korrelation mellem højde og transpirationsmodstand ($r = 0.347$). Farve og vandindhold er positivt korreleret i både det danske og det importerede materiale ($r = 0.38$ og 0.17), og mellem vandindhold og transpirationsmodstand er der i det importerede materiale en signifikant negativ korrelation ($r = -0.234$).

4.7 Egenskabskombination

Her skal der gøres et forsøg på at sammenfatte de egenskaber, der har betydning for de enkelte proveniencers egnethed til pyntegrøntproduktion. Denne kan opdeles i en kvalitets- og en vækstdele.

Pyntegrøntkvaliteten er især afhængig af nålefarve, nålestilling og nåletæthed, og af disse tre egenskaber har de to første givetvis den største betydning. Et samlet udtryk for kvaliteten (K) er derfor søgt beregnet ved følgende ligning:

$$K = \text{farve} \times 1 + \text{stilling} \times 1 + \text{tæthed} \times 0.5,$$

T a b e l 13. De relative pyntegrøntkvalitets- og -produktionsforhold.
T a b l e 13. The relative greenery quality and greenery production.

| Nr. | Provensiens | Land | Kvalitet | Produktion (værdi) | Produktion (vinterfrost) | Produktion (forårsfrost) |
|-------|--------------------------|------------|----------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|
| No. | Provenance | State | Quality | Production (value) | Production (winter frost) | Production (spring frost) |
| 13001 | Odell Butte, | Oregon | 109 | 61 | 68 | 118 |
| 13003 | Grass Mtn., | " | 112 | 93 | 92 | 86 |
| 13004 | Marys Peak, | " | 87 | 77 | 77 | 73 |
| 13005 | Fisher Point, | " | 91 | 92 | 86 | 88 |
| 13006 | Snow Peak, | " | 87 | 88 | 81 | 89 |
| 13007 | Elk Lake, | " | 105 | 106 | 101 | 104 |
| 13008 | Laurel Mtn., | " | 100 | 119 | 126 | 111 |
| 13009 | Molalla, | " | 92 | 99 | 104 | 100 |
| 13010 | Elk Mtn., | " | 105 | 113 | 130 | 112 |
| 13011 | Larch Mtn., | " | 101 | 109 | 104 | 109 |
| 13012 | Mt. Defiance, | " | 112 | 121 | 114 | 123 |
| 13013 | Honour Camp, | Washington | 108 | 116 | 116 | 112 |
| 13014 | Red Mtn., | " | 103 | 102 | 102 | 99 |
| 13015 | Hungry Peak, | " | 90 | 96 | 97 | 96 |
| 13016 | French Butte, | " | 84 | 83 | 84 | 68 |
| 13017 | Mud Lake, | " | 94 | 98 | 99 | 99 |
| 13018 | McKinley Lake, | " | 87 | 98 | 91 | 94 |
| 13019 | Corral Pass, | " | 83 | 100 | 96 | 113 |
| 13020 | Stampede Pass, | " | 95 | 103 | 109 | 102 |
| 13021 | Stevens Pass, | " | 84 | 90 | 88 | 91 |
| 13022 | Overgård F. 402, | Danmark | 122 | 124 | 124 | 128 |
| 51 | Ulborg, Stråsø afd. 128, | " | 113 | 120 | 121 | 114 |
| 52 | Frijsenborg F. 401, | " | 119 | 102 | 103 | 103 |
| 54 | Frijsenborg F. 240b, | " | 117 | 91 | 86 | 68 |

hvor tætheden er udtrykt som nålemassen pr. løbende cm højde. De således beregnede kvalitetsstørrelser er angivet som relative tal (100 = middelmåling) i tabel 13. Her fremtræder de 4 danske proveniensers kvalitetsmæssige overlegenhed helt klart, idet disse ligger bedst af alle, med F. 402 Overgård i spidsen. Blandt de importerede ligger provenienserne omkring Columbiaflodens gennembrud i Cascadebjergene (nr. 10-14) bedst, men også en enkelt proveniens fra Kystbjergene (03) og en fra Cascadebjergene i Oregon (07) udviser en god kvalitet. Provenienserne fra den nordlige del af udbredelsesområdet i Washington (nr. 15-21) er alle kendetegnet ved en meget ringe pyntegrøntkvalitet.

Pyntegrøntproduktionen (P) er som før nævnt en kombination af kvalitet og vækst, og denne er søgt udtrykt ved følgende ligning:

$$P = K \times \text{vækst},$$

hvor væksten er udtrykt ved den gennemsnitlige højdevækst iflg. tabel 2. De herved beregnede produktionstal er angivet som relative værdier i tabel 13 spalte 2. Herved opstår et noget andet billede. Produktionsmæssigt er det kun to af de danske provenienser, der ligger i toppen (nr. 22 og 51); idet nr. 52 og især nr. 54 (Frijsenborg F. 240 b) p.g.a. en ringe vækstenergi produktionsmæssigt falder langt tilbage. Omvendt forbedrer provenienserne omkring Columbiafloden (nr. 10, 12 og 13) deres relative stilling, således at disse ligger blandt de 10 bedste produktionsmæssigt set. Den kvalitetsmæssigt gode proveniens nr. 03 falder produktionsmæssigt langt tilbage, mens den meget vækstkraftige proveniens nr. 08 forbedrer sin stilling tydeligt.

I et forsøg på at formidle et indtryk af hvorledes vinterfrostresistensen og forårsfrostresistensen påvirker produktionsrelationerne, gengiver spalte 3 og 4 i tabel 13 de relative værdier af størrelserne Produktion \times vinterfrostresistens (numerisk) og Produktion \times udspringtidspunkt af sideknopperne. Herved får man et indtryk af provenienserens produktionsrelation på en vinterfrostudsat lokalitet (næstsidste spalte) og en forårsfrostpræget lokalitet (sidste spalte).

Når *vinterfrostresistensen* indføres i produktionsudtrykket, sker der nogle tydelige forskydninger i de indbyrdes relationer. Således ligger nu provenienserne nr. 10 og 08 bedst, mens f.eks. nr. 54 (F. 240 b) falder endnu længere tilbage. De gode danske provenienser (nr. 22 og 51) ligger dog stadig fint. Et noget andet billede får man, når *senfrostresistensen* indføres. Herved rykker de sentudspringende provenienser nr. 19 og 01 op blandt de bedste, mens nr. 10, 12, 22 og 51 fortsat ligger i toppen.

Det skal dog stærkt understreges, at de i tabel 13 beregnede relative værdier må fortolkes med alle mulige forbehold. De må f.eks. ikke betragtes isoleret og skal kun tjene til at illustrere, hvordan faktorer som kvalitet, vækst og frost kan modificere provenienserens indbyrdes produktionsforhold. Den vigtigste information, man kan uddrage af tabellen, er givetvis, at de to danske provenienser Overgård F. 402 og Ulfborg, Stråse ved alle beregningsmetoder ligger i top, mens de to øvrige danske herkomster (Frijsenborg F. 401 og F. 240 b) falder langt tilbage, når vækst og frostresistens indrages i produktionsudtrykket. Tilsvarende viser provenienserne Mt. Defiance (nr. 12), og Elk Mtn. (nr. 10) og Honour Camp (nr. 13) den bedste produktion af de importerede provenienser.

5. DISKUSSION

Målet med den foreliggende undersøgelse er, at analysere vækst, pyntegrøntkvalitet og klimaresistens for en række nordvestamerikanske nobilisprovenienser sammenlignet med afkom af danske bevoksninger, for herved at kunne vurdere dansk nobilis i forhold til direkte importeret materiale, samt at kunne pege på de bedst egnede provenienser og importområder for nobilis til pyntegrøntproduktion i Danmark. Da undersøgelserne ifølge sagens natur er gennemført på et meget ungt plantemateriale (2 - 4 år), er det af stor betydning for resultaternes anvendelighed, at kunne sammenligne dem med resultater fra ældre forsøg, for herved at verificere brugen af de opnåede resultater.

Sådanne sammenligninger er på nuværende tidspunkt ikke mulige, da de fleste af provenienserne ikke har været afprøvet tidligere her i landet. På længere sigt kan de dog gennemføres, idet det samme materiale i foråret 1983 er blevet udplantet i proveniensforsøg på 4 forskellige lokaliteter i landet.

En mulighed for at sammenligne to provenienser fra dette materiale findes dog, idet provenienserne Frijsenborg F. 240a og F. 240b indgår i den af *Barner et. al.* (1980) gennemførte afprøvning af danske nobilis-frøkilder. Frijsenborg F. 240a indgår ikke direkte i de foreliggende undersøgelser, men da Overgård F. 402 er afkom af førstnævnte, kan man med rimelighed anvende denne i sammenligningen.

Den gennemsnitlige højdeudvikling af F. 402 efter 2., 3. og 4. år er 30 % højere end F. 240b; hos *Barner et. al.* (1980) ligger F. 240a 29 % over F. 240b ved 13 års alder på 8 lokaliteter. Nålefarven hos F. 402 ligger i disse undersøgelser 6 % bedre end farven hos F. 240b; *Barner* finder en forskel på 5 %, hvor F. 240a er bedst. Nåleformen hos F. 402 ligger 5 % over F. 250b; hos *Barner* er der ingen forskel. Den beregnede klippekvalitet af F. 402 er 5 % over 240b; *Barner* finder en tilsvarende forskel på 3%. De her fundne store forskelle i både vinter- og forårsfrostresistens mellem F. 402 og F. 240b genspejles i de hos *Barner* fundne dobbelt så store frostskaeder hos F. 240b i forhold til F. 240a. Sammenfattende må siges, at der findes en forbavsende god overensstemmelse mellem resultaterne af disse to provenienser i de foreliggende undersøgelser og i feltforsøgene; en overensstemmelse, der går igen i alle de målte parametre, hvorved sikkerheden af de opnåede resultater og de anvendte analysemetoder må formodes værende rimelig god på trods af forsøgs materialets unge alder. Dette må opmuntre til at videreudvikle metoder til en tidlig bedømmelse af pyntegrøntegnetheden hos nobilis.

Resultaterne af vækstanalyserne viser, at der findes en meget stor variation i vækstudviklingen, både i det danske og i det indførte materiale. En tilsvarende stor variation findes i de egenskaber der har betydning for pyntegrøntkvaliteten. Dette peger på de store muligheder for produktionsforbedring blot ved en simpel populationsselektion.

Med hensyn til vinterfrostresistensen, har vi her at gøre med en egenskab der ikke tidligere er blevet undersøgt. Praktiske erfaringer viser dog, at vinterfrosten ofte skader nobilis, og derigennem gør grøntet værdiløst (sammenlign *Barner et. al.* 1980). Den gode overensstemmelse mellem forskellene i frostresistens og de iagttagne frostskaeder i proveniensforsøgene af F. 240a og F. 240b understreger frostresistensens betydning og

værdien af frostresistens-test i selektionsøjemed. Et vigtigt resultat af frostresistensundersøgelserne er desuden, at resistensen af knopperne hos *nobilis* ligger væsentligt lavere (ca. 4°C) end resistensen af nålene. Denne kendsgerning forklarer formodentlig det hyppigt iagttagne forhold, at mange *nobilis*-planter efter en streng vinter springer meget uregelmæssigt ud med deraf følgende dårlig formudvikling, selv om planterne ikke bære ydre præg af vinterskader. Hos de øvrige af forfatterne undersøgte træarter (*douglasgran*, *grandis*, *rødgran*) ligger vinterfrostresistensen af nålene og knopperne på nogenlunde samme niveau, hvorved frosts-kaderne viser sig parallelt på nåle og knopper. Udspringsundersøgelserne viser, at der blandt de egentlige *nobilis*-provenienser kun findes begrænsede muligheder for at forbedre forårsfrostresistensen. Den relativt lille variation der findes, bør dog givetvis udnyttes, og det, at den tidligst udspringende proveniens findes blandt de danske, bør få konsekvenser for proveniensvalget på senfrostudsatte lokaliteter.

Tørkeresistensen er blevet undersøgt med en relativ enkel metode, og resultaterne tyder på, at man ikke kan forvente de store forskelle i denne egenskab. På den anden side viser top/rod-forholdet, der er af stor betydning for overlevelsen i kulturfasen og også må betragtes som en vigtig tørkeresistensegenskab, en stor variation, hvor de danske provenienser synes at have undergået en ensidig selektion. Forholdene er altså noget ugenomsigtige, og det må konkluderes, at disse enkle undersøgelser formodentlig ikke i tilstrækkelig grad har fået fat i de komplicerede morfologiske og fysiologiske faktorer der betinger tørkeresistensen (se *Larsen 1983*).

De danske provenienser

De store forskelle i vækststudviklingen blandt de danske provenienser tyder på, at dansk *nobilis* er af meget variabel oprindelse. Dette understreges yderligere af den store variation i de målte frostresistens-, udsprings- og tørkeresistensegenskaber. På denne baggrund forekommer det forbavsende, at de danske provenienser i visse egenskaber ligger ens og ensidigt højt; således er top/rod-forholdet meget lavt, nåletæthedens meget høj, nålestilling og -farve meget god og nålefrostresistensen meget høj. Dette kunne tyde på, at der er sket en stærk selektion i disse egenskaber ved dyrkning af *nobilis* i Danmark. Når man tager den berygtede store planteafgang i nyanlagte *nobilis* kulturer i betragtning (*Koch 1978*, *Sanojca* og *Henriksen 1978*) er en forskydning i top/rod-forholdet forståeligt, idet især de planter med et gunstigt forhold (stor rod i forhold til toppen) har overlevet kulturstarten. At denne selektion ikke har haft en tilsvarende indflydelse på den cuticulære transpirationsmodstand er mindre indlysende, idet denne del af tørkeresistensen også burde være af betydning for overlevelsen i kulturstarten.

De ensartede og meget gode klippekvalitetsegenskaber hos de danske provenienser, tyder på en tilsvarende selektion; en selektion, der kan have fundet sted på mange niveauer (sortering i planteskolen, hugst, kogleplukning, udvælgelse af frøavlsvoksnin-ger m.v.).

De nordvestamerikanske provenienser

Resultaterne med proveniensen nr. 01 (Odell Butte) tyder på, at overgangsformerne mellem *A. procera* og *A. magnifica* er helt uegnede til pyntegrøntproduktion. På grund af et meget sent udspring, vil de dog givetvis indebære visse dyrkningsmæssige fordele på meget sentfrostudsatte lokaliteter (sammenlign *Løfting* 1966). Resultater fra amerikanske forsøg (refereret af *Jacobsen* 1982) tyder derimod på, at der blandt overgangsformerne kan findes interessant materiale til juletræ-dyrkningen.

Variationen inden for de egentlige *nobilis* provenienser er stor og noget kompliceret. Den meget store variation inden for geografisk set små afstande i Oregons Kystbjerger tyder på udpræget diskontinuert variation i dette område. Her findes *nobilis* da også i små isolerede forekomster på de højeste bjergtoppe med her af følgende mulighed for ensidig selektion og genetisk drift.

Udbredelsen af *nobilis* i Cascadebjergene er noget mere kontinuert, og vi finder da også visse tendenser til et variationsmønster, omend diskontinuerlig variation også forekommer. Især området omkring Columbiaflodens gennembrud i Cascadebjergene (det nordligste Oregon og det sydligste Washington) synes at være kendetegnet ved et ensartet materiale; Columbiafloden danner således på ingen måde nogen grænse for den klinale variation. I den nordligste del af artens udbredelsesområde (Cascadebjergene i Midt-washington) er der igen tale om diskontinuerlig variation i de målte egenskaber.

Det er karakteristisk, at der for ingen af de analyserede egenskaber kan konstateres nogen afhængighed af proveniensens vertikale beliggenhed. Selv ikke vinterfrostresistensen der ellers hos andre træarter fra samme region alment stiger med stigende højde (sammenlign *Larsen* 1978a og 1978b), kan der iagttages nogen afhængighed. Derimod er der tendens til at blåfarvning af nålene er mere udprægede hos provenienser øst for Cascadekammen end vest for denne.

Den kombination af morfologiske egenskaber, der betinger en høj pyntegrøntkvalitet (nålestilling, -farve og -tæthed) synes at have sit optimum i Cascadebjergene i grænseområdet mellem Washington og Oregon; og inden for dette område er der desuden tendens til at de østligste er bedre end de vestlige, hovedsageligt p.g.a. en bedre farve. Da der her også forekommer provenienser med gode frost- og tørkeresistensegenskaber, og da provenienserne er karakteriseret ved en relativ god vækstkraft, skulle der i dette område være de bedste muligheder for at finde velegnet materiale for pyntegrøntdyrkning i Danmark.

6. PROVENIENSANBEFALINGER OG FORÆDLINGSPERSPEKTIVER

Det er selvfølgelig vigtigt ikke at drage alt for vidtrækkende og endelige konklusioner m.h.t. proveniensvalget på baggrund af undersøgelser på et så relativt ungt materiale. Proveniensenvalget indebærer dog nødvendigheden af løbende beslutninger, beslutninger der ikke kan udskydes for at afvente et bedre beslutningsgrundlag. De få sammenligninger, der har været muligt, mellem de opnåede resultater og resultater fra ældre

proveniensforsøg bekræfter desuden i forbavsende grad anvendeligheden af disse unge undersøgelser, som forløbige beslutningsgrundlag i valget af proveniens og forædlingsmateriale.

Afkommet af de 4 udvalgte danske nobilisbevoksninger viser klippekvalitetsegenskaber, der overgår de importerede. Ud fra et kvalitetsmæssigt synspunkt vil materiale fra gode danske bevoksninger derfor være at foretrække frem for importeret materiale. Når vækstenergien og frostresistensegenskaberne inddrages i beslutningsgrundlaget differentieres billedet dog en del. For det første er der store forskelle inden for det danske materiale; således ligger F. 402 Overgård samt øvrigt afkom af F. 240a Frijsenborg helt i toppen og må anses for værende det bedste materiale, mens F. 240b Frijsenborg produktionsmæssigt og klimaresistensmæssigt falder langt tilbage. For det andet findes der en række vækstkraftige provenienser med gode kvalitets- og klimaresistensegenskaber, der i en samlet vurdering må anses at være på højde med det bedste danske materiale.

Med mindre man har et helt nøje kendskab til dyrkningsværdien af en bestemt proveniens skal provenienser fra Kystbjergene undgås, da dyrkningsværdien af disse varierer stærkt inden for korte afstande. Den hidtil meget benyttede proveniens Marys Peak (nr. 04) fra dette område må på baggrund af disse undersøgelser både kvalitets- og vækstmæssigt anses for uegnet (sammenlign *Jacobsen* 1982). Vækstmæssigt synes proveniensen Laurel Mtn. (nr. 08) at være fremragende, mens dens kvalitetsegenskaber ligger middel.

Variationen i dyrkningsegenskaberne blandt provenienserne fra Cascadebjergene er væsentlig mere kontinuert, og det er derfor ikke helt så vigtigt at have forhåndsskab til den enkelte proveniens. Området omkring Columbiaflodens gennembrud i Cascadebjergene, d.v.s. den sydligste del af Washington (seed zone 440, 652, 653) og den nordligste del af Oregon (seed zone 451, 661, 662) er kendetegnet ved provenienserne, der kombinerer en stor vækstenergi med gode pyntegrønskvalitets- og klimaresistensegenskaber. Provenienser fra dette område må derfor anses for at være de bedste ved direkte import. Her skal specielt peges på provenienserne Elk Mtn. (nr. 10), Mt. Defiance (nr. 12) og Honour Camp (nr. 13); i en samlet vurdering, må disse provenienser anses at besidde en dyrkningsværdi på højde med det bedste danske materiale.

De foreliggende undersøgelser har desuden en række forædlingsmæssige perspektiver, der her kort skal omtales. Resultaterne tyder på, at det er muligt at bedømme pyntegrønskvalitet og -produktion på et ungt materiale. Dette åbner muligheder for en tidlig bedømmelse af forskellige genetiske enheder m.h.t. disse egenskaber, f.eks. enkelttræ(plustræ)-afkom og kloner. Herved skulle det være muligt at fremskynde forædlingsprocessen og anlæg af frøplantager.

De bedste danske populationer er kendetegnet ved fremragende kvalitetsegenskaber, mens deres vækst og klimaresistens ligger middel. Det burde derfor stærkt overvejes, om man ikke skulle tilføre »nyt blod« til nobilisforædlingen (populationsprøver, enkelttræafkom). Herved skulle man kunne opnå en væsentlig produktionsforøgelse (vækst) og dyrkningsikkerhed (frostresistens), og som helhed nå op på et højere niveau end ved at fortsætte forædlingen på et rent dansk material.

Analyserne af egenskabskorrelationerne viser, at der ikke er nogen sammenhæng mellem frostresistens, højdevækst og farve på enkelttræniveau. Dette indebærer, at det skulle være relativt let at selekttere positivt for alle tre egenskaber i en forædlingsproces.

7. SAMMENDRAG

Abies procera (nobilisgran) er den vigtigste træart til pyntegrøntproduktion i Danmark. Praktiske erfaringer og forsøg har vist, at både mængden og kvaliteten af det producerede grønt varierer stærkt med materialets oprindelse. Mens vor viden om pyntegrøntværdien af dansk nobilis er relativ god, ved vi næsten intet om værdien af nobilismateriale fra artens naturlige udbredelsesområde i Nordvestamerika.

De foreliggende undersøgelser har analyseret vækst, frost- og tørkeresistensegenskaber og forskellige nålemorfologiske egenskaber af betydning for pyntegrøntkvaliteten hos 20 provenienser fra Washington til Oregon samt 4 afkom af danske nobilisbevoksninger. Undersøgelserne strakte sig over 3 år og blev gennemført på et 2- til 4-årigt plantemateriale.

De danske provenienser viste alle særdeles gode pyntegrøntegenskaber (blå nålefarve, tandbørsteformet skud, god nåletæthed). Vækstmæssigt udviste de en middel til ringe udvikling; det er dog specielt interessant, at alle danske provenienser var karakteriseret ved et meget gunstigt top/rod-forhold. Frostresistensen varierede en del; som helhed må det danske materiale betegnes som relativ vinterfrostfølsomt, og enkelte afkom udviste et meget tidligt udspring (forårsfrostfølsomt).

Blandt de amerikanske provenienser viste de fra Kystbjergene i Oregon i alle målte egenskaber en udpræget diskontinuert variation, mens provenienserne fra Cascadebjergene i Washington og Oregon var karakteriseret ved en mere klinial variation. Provenienserne fra den nordligste del af artens udbredelsesområde viste gennemsnitlig en stor vækstkraft kombineret med relativt dårlige pyntegrøntegenskaber (grøn nålefarve, flad skudform). Provenienserne fra Kystbjergene i Oregon udviste ligeledes relativt dårlige pyntegrønt egenskaber og en meget varierende vækst og klimaresistens.

De mest interessante provenienser set i relation til pyntegrøntdyrkningen koncentrerede sig i området omkring Columbiaflodens gennembrud i Cascadebjergene på grænsen mellem Oregon og Washington. Her fandtes provenienser, der kombinerede gode pyntegrøntegenskaber med en stor vækstkraft og en god frost- og tørkeresistens.

Konklusionen af de foreliggende undersøgelser er, at man bør koncentrere frøimporterne til de nævnte optimalområder; inden for dette peges på enkelte specielt gode provenienser. Det bør desuden nøje overvejes, om der ikke burde indføres nyt grundmateriale fra de ifølge disse undersøgelser bedste nordvestamerikanske populationer til den fremtidige nobilisforædling.

8. SUMMARY

Abies procera (Noble fir) is the most important species for greenery production in Denmark. Different trials with offsprings of Danish seed stands have shown, that both quality and the amount of greenery produced vary to a great extent between seed sources. Almost nothing is known, however, about the provenance variation within the natural range of the species in respect to greenery production.

The present investigations analysed growth, frost and drought resistance and different morphological characters responsible for the greenery quality. The material analyzed consisted of 2-4 years old seedlings of 20 provenances from Washington and Oregon compared with 4 offsprings of Danish seed stands.

All Danish seed sources were characterized by a high greenery quality (bluish foliage colour, high needle density and a compact twig shape). They showed slow to medium growth rates and were rather susceptible to winter and partly to spring frost, however.

The provenances from the Coast Range in Oregon were characterized by a pronounced discontinuous variation in all characters measured, whereas the provenances from the Washington and Oregon Cascades showed a more clinal variation. The provenances from the northernmost part of the natural range (Washington) combined a rapid growth with relative low greenery quality (green foliage colour, flat twig shape). Provenances from the Coast range of Oregon were also characterized by a rather low quality and a very varying growth rate and resistance to frost and drought. The most interesting provenances in respect to greenery production were found in the Cascade Mountains around the border between Washington and Oregon. These provenances combined a high quality with a rapid growth, and in addition some of the provenances showed a good frost and drought resistance.

It is proposed to fulfill the seed demand from the best Danish seed stands and to concentrate the seed imports from the above mentioned optimal provenance region. Furthermore, material from the best provenances should probably be introduced into the breeding programmes of *Abies procera* in Denmark.

9. LITTERATUR

- Barner, H., Roulund, H., Qvortrup, S. Aa.: 1980: *Abies procera*, frøforsyning og proveniensvalg. D.S.T., 65, 263-295.
- Hygen, G., 1951: Studies on plant transpiration I. *Physiol. Plant.*, 4, 57-183.
- Jacobsen, F., 1982: *Bedre nobilis*. *Skoven*, 10, 302-303.
- Koch, N. E., 1978: Et plantetidsforsøg med *nobilis* (*Abies procera* Rehd.) *Forstl. Forsøgsv. Danm.*, 36, 313-340.
- Larsen, J. B., 1978a: Die Frostresistenz von 60 verschiedenen Douglasien-Herkunften sowie über den Einfluss der Nährstoffversorgung auf die Frostresistenz der Douglasie. *Schr. Forstl. Fakultät Göttingen*, 52, 1-126.
- Larsen, J. B., 1978b: Die Klimaresistenz der *Abies grandis* (Dougl.) Lindl. I: Die Frostresistenz von 23 Herkunften aus dem IUFRO-Provenienzversuch von 1974. *Silvae Genetica*, 27, 156-161.
- Larsen, J. B., 1983: Trockenresistenz, Wasserhaushalt und Wachstum junger Douglasien (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) und Küstentannen (*Abies grandis* Dougl. Lindley) in Abhängigkeit von der Nährstoffversorgung. *Forstl. Forsøgsv. Danm.*, 39, 1-82.
- Løfting, E. C. L., 1966: *Abies magnifica* med varieteten *Abies magnifica* var. *shastensis* og dennes overgangsformer til *Abies procera* D.S.T., 51, 445-461.
- Rossa, M.-L., Larsen, J. B., 1980: Die winterlichen Austrocknungsraten verschiedener Herkünfte der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) und deren Abhängigkeit von der Ausbildung der Cuticula und der Spaltöffnungstiefe. *All. Forst- und Jagdzeitung*, 151, 137-146.
- Sanojca, K., Henriksen, H. A., 1978: Et forsøg med plantning af *nobilis gran* (*Abies procera* Rehd.) på Løvenholm skovdistrikt. *Forstl. Forsøgsv. Danm.*, 36, 289-312.