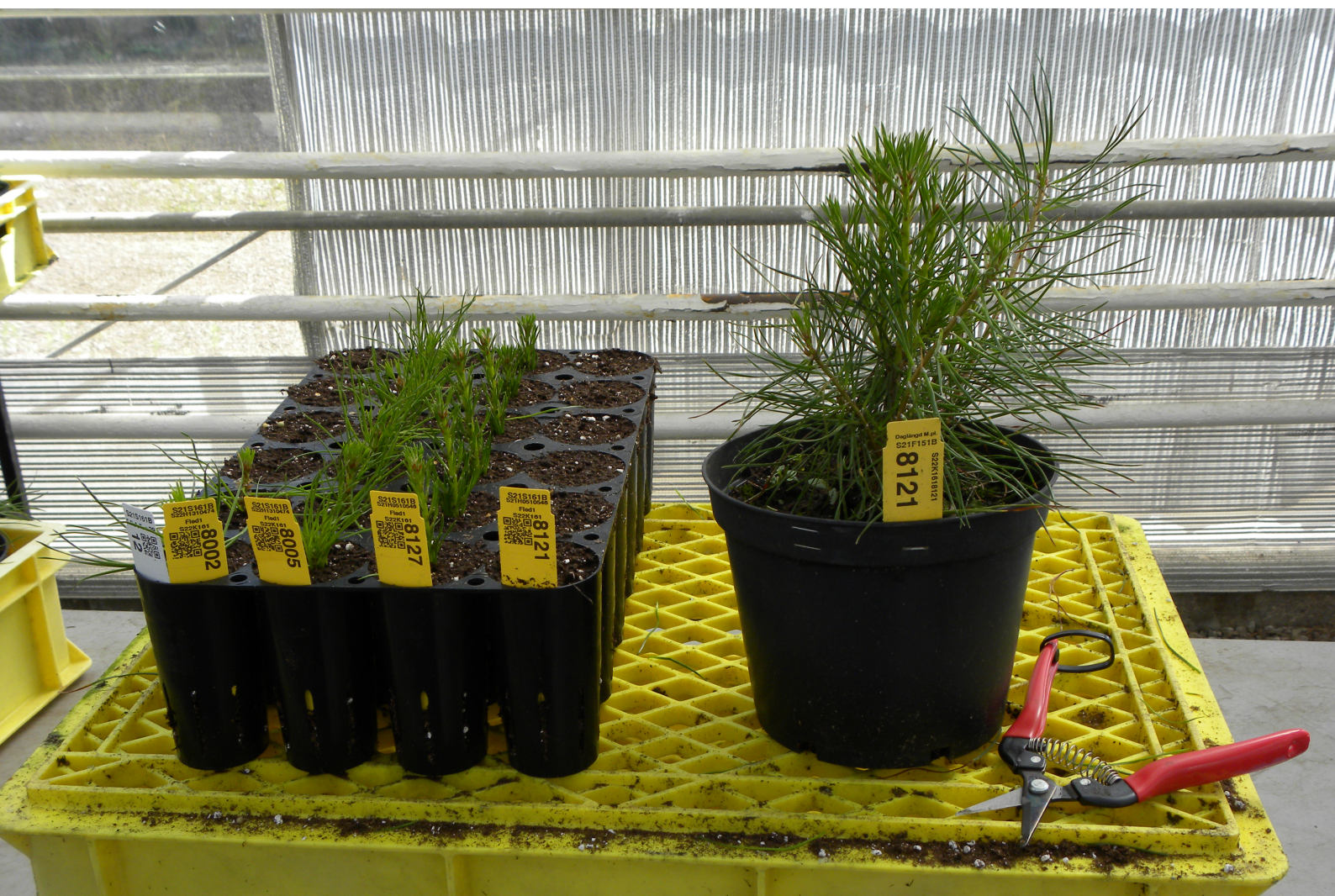


# Tallsticklingar – svårt, men möjligt

Resultat från försök för att öka rotningen

Curt Almqvist



Moderplanta och just stuckna sticklingar av tall i ett försök.

Foto: Curt Almqvist

# Innehåll

|                                                                            |          |
|----------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Förord .....</b>                                                        | <b>5</b> |
| <b>Summary .....</b>                                                       | <b>6</b> |
| <b>Sammanfattning .....</b>                                                | <b>7</b> |
| <b>Inledning.....</b>                                                      | <b>8</b> |
| <b>Material och metoder .....</b>                                          | <b>9</b> |
| Material och metoder – FRAT .....                                          | 10       |
| Moderplantor FRAT16-försöket.....                                          | 10       |
| Moderplantor FRAT20-försöket.....                                          | 10       |
| Försökled FRAT16-försöket .....                                            | 10       |
| Försökled FRAT20-försöket .....                                            | 11       |
| Stickning i försöken.....                                                  | 11       |
| Skötsel efter stickningen.....                                             | 11       |
| Odling vår och sommar 2017 och 2021 .....                                  | 12       |
| Inventeringar .....                                                        | 12       |
| Hormonanalyser av sticklingar i FRAT20-försöket.....                       | 12       |
| Databearbetning.....                                                       | 12       |
| Material och metoder – Kelpak .....                                        | 12       |
| Moderplantor .....                                                         | 12       |
| Försökled .....                                                            | 13       |
| Stickning i försöken.....                                                  | 13       |
| Skötsel efter stickningen.....                                             | 13       |
| Odling vår och sommar 2022.....                                            | 14       |
| Inventeringar .....                                                        | 14       |
| Statistisk analys .....                                                    | 14       |
| Material och metoder – GF22.....                                           | 15       |
| Försökled .....                                                            | 15       |
| Moderplantor till försöket och fördelning av kloner mellan försöksled..... | 15       |
| Rotningshormon och stickning .....                                         | 16       |
| Omplantering och omplockning .....                                         | 16       |
| Inventeringar .....                                                        | 16       |
| Kontroll av rotbildningen.....                                             | 16       |
| Statistisk analys .....                                                    | 17       |
| Material och metoder – RotUtv_Temp.....                                    | 18       |
| Moderplantor .....                                                         | 18       |

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| Försökled .....                                 | 18        |
| Stickning i försöken.....                       | 18        |
| Inventeringar .....                             | 19        |
| Statistisk analys .....                         | 19        |
| Material och metoder – RotUtv_rH.....           | 20        |
| Moderplantor .....                              | 20        |
| Försökled .....                                 | 20        |
| Stickning i försöken.....                       | 20        |
| Inventeringar .....                             | 20        |
| Statistisk analys .....                         | 21        |
| Material och metoder – RotUtv_Ljus.....         | 21        |
| Moderplantor .....                              | 21        |
| Försökled .....                                 | 22        |
| Stickning i försöken.....                       | 22        |
| Inventeringar .....                             | 22        |
| Statistisk analys .....                         | 22        |
| <b>Resultat och diskussion, försöksvis.....</b> | <b>23</b> |
| Resultat och diskussion – FRAT.....             | 23        |
| Resultat och diskussion – Kelpak .....          | 26        |
| Resultat och diskussion – GF22.....             | 27        |
| Rotutveckling .....                             | 28        |
| Slutsatser .....                                | 29        |
| Resultat och diskussion – RotUtv_Temp.....      | 29        |
| Resultat och diskussion – RotUtv_rH.....        | 30        |
| Resultat och diskussion – RotUtv_Ljus .....     | 31        |
| <b>Sammanfattande diskussion .....</b>          | <b>32</b> |
| <b>Referenser .....</b>                         | <b>33</b> |



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala  
skogforsk@skogforsk.se  
skogforsk.se

---

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts i februari 2025 av Torgny Persson, förädlingsforskare, och Thomas Kraft, programchef, Skogsträdsförädling. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering 4 mars 2024.

Redaktör: Anna Franck, anna@annafranck.se  
©Skogforsk 2025 ISSN 1404-305X

# Förord

Denna rapport redovisar resultat från projekt finansierade av Föreningen skogsträdsförädling. Målet med projekten var att förbättra rotningsresultatet för sticklingar av tall så att tallförädlingen i ökad grad kan använda sig av klontester vid fälttestningen av nytt material.

Försöken har genomförts vid Skogforsks forskningsstationer i Ekebo och Sävar. Personal vid stationernas plantskolor har på ett förtjänstfullt sätt bidragit till genomförandet och uppföljningarna av försöken.

Uppsala i februari 2025

Curt Almqvist

# Summary

The ability to test a genotype with multiple copies and in multiple locations increases the accuracy and efficiency of plant breeding. Clonal testing is therefore the predominant strategy for testing new material in breeding Norway spruce. Clone testing would also be desirable for Scots pine, which is generally more difficult to propagate from cuttings than Norway spruce. In Sweden, clonal testing is currently used for Scots pine as one of several applied strategies, and the inability to root enough cuttings per genotype with sufficient certainty is the limiting factor for its use.

This report presents the results of experiments examining the factors influencing root formation during propagation of Scots pine cuttings. The cuttings can be propagated in late summer or in winter. In late summer propagation, the scions are harvested immediately before insertion in the rooting media. The timing of the propagation is then important. The experiments reported here show that the most suitable time for late summer propagation of Scots pine is during the second half of August. For cutting propagation during winter, where the cuttings are taken when the mother plant is dormant and can be stored in a refrigerator for some time before cutting, the timing of cutting is not as time-critical.

When rooting flowers and garden plants, biostimulant preparations are often used to stimulate root formation. One such preparation, based on a brown alga sold under the trade name *Kelpak*, was tested in the rooting of Scots pine cuttings. The results indicate that *Kelpak* had a negative effect, both when the cuttings were standing in a solution of *Kelpak* overnight before insertion in the substrate and when watered with *Kelpak* during the rooting.

The substrate in which rooting takes place is an important factor. *Growfoam* is a self-supporting, dimensionally stable 'cultivation plug' that is biodegradable, and is used in the cultivation of e.g. vegetables. In an earlier small pilot trial with Scots pine cuttings, the rooting showed positive results. However, the larger trial reported here showed that rooting in the *Growfoam* plug led to clearly poorer survival of the cuttings compared to rooting in the standard peat mixture for Scots pine cuttings used in Ekebo. The cuttings rooted in the *Growfoam* plug also grew less well.

The temperature of the rooting substrate has a major impact on rooting. In a trial where the influence of substrate temperature was investigated, the result was that the proportion of successfully rooted cuttings increased with increasing temperature up to 31 °C, which was the highest temperature in the trial. This is a higher temperature than the 22-25 °C used so far for pine cuttings.

The relative humidity of the air during rooting affects the level of water stress of the cuttings, which initially lack roots to take up water. The relative humidity had a clear impact on the percentage of rooted cuttings and the root length of the cuttings. A relative humidity of 50-70% gave the best results.

The spectral composition of light affects seedlings and cuttings. The experiment reported here, where lights with different spectra were tested, had problems with disturbing fungal infection on the experimental material. However, the results indicated that the addition of red light is favourable for root formation in Scots pine cuttings. This is in line with published results for Norway spruce, which are explained by the fact that red light lowers the levels of jasmonate and certain cytokinins, hormones that have a negative impact on rooting.

# Sammanfattning

Att kunna testa en genotyp med flera kopior och på flera lokaler ökar säkerheten och effektiviteten i förädlingsarbetet. För gran är klontestning därför standard vid testning av nytt material. Även för tall är möjligheten till klontestning önskvärd, men där är sticklingsförökning svårare. Den största utmaningen är att kunna rota tillräckligt många sticklingar per genotyp. På grund av detta används klontestning för tall i dagsläget endast som en av flera tillämpade strategier.

I denna arbetsrapport redovisas resultaten från försök där olika faktorer som påverkar rotbildningen vid stickning av tall studerats.

Stickning av tall kan göras på sensommaren eller på vintern. Vid sensommarstickning klipps riset i direkt anslutning till stickningen. Tidpunkten för stickningen blir då viktig. I här redovisade försök visas att den lämpligaste tidpunkten för sensommarstickning av tall är under andra halvan av augusti. För vinterstickning, där sticklingarna klipps då moderplantan är i vila och kan förvaras i kyl en tid innan stickning, är tidpunkten inte lika kritisk.

Vid rotning av blommor och trädgårdsväxter används ofta preparat som ska stimulera rotbildningen. Ett sådant preparat, baserat på en brunalg som säljs under varunamnet Kelpak, testades vid rotning av tallsticklingar. Resultatet tyder på att Kelpak hade en negativ effekt, både när sticklingsriset fick stå i en lösning med Kelpak över natt innan stickning och när det vattnades med Kelpak efter stickning.

Substratet som rotningen sker i är en viktig faktor. Growfoam är en självbärande, formstabil och biologiskt nedbrytbar ”odlingsplugg” som används för bland annat grönsaksodling. Ett tidigare mindre pilottest med tallsticklingar har den visat positivt resultat på rotbildningen. I det här större testet gav dock rotningen i Growfoam-pluggen klart sämre överlevnad på sticklingarna i jämförelse med rotning i den standardtorvblandning för tallsticklingar som används i Ekebo. De sticklingar som rotade sig i Growfoam-pluggen hade också sämre tillväxt.

Temperaturen i rotningssubstratet har stor påverkan på rotningen. I ett försök där substrattemperaturens påverkan undersöktes blev resultatet att andelen rotade sticklingar ökade med ökande temperatur upp till 31 °C, vilket var den högsta temperaturen i försöket. Detta är högre temperatur än de 22–25 °C som hittills använts vid stickning av tall.

Den relativa fuktigheten i luften under rotningen påverkar nivån på vattenstress hos sticklingarna, som från början saknar rötter att ta upp vatten med. Den relativa luftfuktigheten hade en tydlig påverkan på andelen rotade sticklingar och rotlängden hos sticklingarna. En relativ luftfuktighet på 50–70 procent gav bäst resultat.

Ljusets spektrala sammansättning påverkar plantor och sticklingar. I försök där olika ljus med olika spektra testades uppstod problem med svampinfektion på försöksmaterialet. Resultatet tyder dock på att tillskott av rött ljus är gynnsamt för rotbildningen hos tallsticklingar. Detta är i linje med tidigare publicerade resultat för gran, och förklaras med att rött ljus sänker halterna av jasmonat och vissa cytokininer – hormoner som har en negativ inverkan på rotningen.

# Inledning

Klontestning av kandidater är en effektiv förädlingsstrategi, vilket teoretiskt påvisats av Rosvall m.fl. (1998). Redan ett måttligt antal plantor/träd per kandidat ger högre genetisk vinst per tidsenhet och även andra fördelar, vilket Skogforsks interna förädlingsutredning från 2011 beskrev (Rosvall 2011). Klontestning är därför den för gran allenarådande strategin vid testning av nytt material i förädlingen. För tall är klontestning den önskvärda strategin, men på grund av problem med låg rotning är den i dagsläget bara en av flera tillämpade strategier.

För att klontestning i praktiken ska fungera så bra som de teoretiska beräkningarna visar är en förutsättning att själva förökningsmetoden inte skapar en oönskad variation i materialet. Variationen i rotbildning mellan kloner och familjer kan vara ansevärd och skapar ojämnheter i odlingen som följer med ut vid anläggning och gör att vissa kloner och familjer inte bildar önskvärt antal rameter. Sammantaget ger detta ett negativt avtryck på möjligheten att utvärdera arvbarheten vid utvärdering.

Tall är generellt svårare än gran att föröka med sticklingar. Erfarenheten är att det absolut är möjligt att sticklingsföröka tall (se till exempel Högberg 2005, Högberg m.fl. 2010). Rotning på 60–70 procent är möjligt, men ofta blir resultatet svagare, 20–30 procent. Det är generellt även en betydande variation mellan familjer och mellan kloner inom familj, men denna variation minskar i de fall rotningen generellt är god.

I praktiska förökningar av förädlingspopulationer i Syd- och Mellansverige som planterats ut i fälttester har i medeltal omkring 30 procent av de stuckna sticklingarna blivit utplanteringsbara plantor, och i medeltal har det från varje klon blivit tre utplanteringsbara plantor från varje stickning, det vill säga cirka sex sticklingar per klon från två stickningar är det normala.

Av erfarenhetsmässiga och praktiska skäl har Ekebo i första hand arbetat med sensommarstickning (även om även vårvinterstickning testats i försöksskala). Vid sensommarstickning sker risskörd och stickning direkt efter varandra, medan vid vinterstickning skördas riset då moderplantan invintrat och därefter lagras riset (i frys vid -3 °C) fram till stickningen. Av detta följer att det är främst vid sensommarstickning som tidpunkt för risskörd och stickning har betydelse. Tidigare studier har visat att det finns en gynnsam period för rotning när plantans tillväxtavslutning har påbörjats men inte gått in i vila (Boeijink & Broekhuizen 1974, Strömquist 1979, Hansen & Ernstsén 1982). Just i slutet av juli infaller den optimala fotoperioden för tillväxt, detta i experiment i kontrollerad miljö (Dormling & Lundkvist 1983). En hypotes är att när nattlängden ökar efter denna tidpunkt påbörjas tillväxtavslutningen, men plantans aktivitet är fortfarande hög. Om det optimala tidsfönstret är snävt kan ett sätt att vidga detta intervall vara att bibehålla den naturliga fotoperioden vid sticklingförökningens start ytterligare några veckor. Hur bildningen av adventivrötter styrs är än så länge till stor del oklart även för modellarter som *Arabidopsis*. Enligt en review-artikel förefaller det vara ett komplicerat samspel mellan olika biokemiska "nätverk" som samverkar kring bildningen av adventivrötter (Bellini m.fl. 2014). Absoluta halter och förhållanden mellan viktiga ämnen som kol och kväve i växten förändras under växtsäsongen och skulle därmed kunna fungera som markörer för lämplig tidpunkt för stickning. Detsamma gäller även tillväxtregulatorer (till exempel auxin) som sannolikt påverkar rotbildningen.

Klippningen av sticklingsriset ger en reaktion i och i närheten av snittytan på den bortklippta kvisten. Försvarssubstanser bildas på grund av skadan som uppkommit och dessa skulle kunna påverka sticklingens möjligheter att ta upp hormonet IBA (Indol-3-smörsyra) vid doppningen inför stickning. Vid vinterstickning, då riset samlats in i förväg,

har Sävars plantskola goda erfarenheter av att ställa riset i vatten över natten innan de doppas i IBA inför stickningen. Att ställa riset i vatten över natt före sensommarstickning, då riset normalt klipps i direkt anslutning till stickningen, har inte provats tidigare.

Inom jordbruket används ibland en produkt som går under varumärket ”Kelpak” ([www.kelpak.com](http://www.kelpak.com)), ett extrakt som utvinns från brunalgen *Ecklonia maxima*. Extraktet har visat sig gynnsamt för rotbildning och rottillväxt hos en rad växtarter, intressant nog också vid sticklingförökning av en Pinus-art, *Pinus patula*, som i likhet med vår nordiska tall betecknas som en ”difficult-to-root species” (Jones & van Staden 1997). I experimenten med *P. patula* ställdes sticklingsriset i en lösning med Kelpak i olika lång tid innan stickning.

Growfoam är en självbärande och formstabil ”odlingsplugg” som är biologiskt nedbrytbar (<https://www.growfoam.ag/>). Den används i många olika odlingssystem i trädgårdsodling, till exempel hydroponisk odling och vertikalodling. Skogforsk har i ett pilotförsök testat att rota tall i odlingspluggar av Growfoam och resultaten var uppmuntrande. Stickning utfördes som vårvinterstickning i mars 2020 och vid inventering i maj 2020 levde 78 procent av sticklingarna i Growfoam, medan 40 procent av sticklingarna levde i den stickningstorv som används i Ekebo. Denna stickning gjordes i en ganska liten och enligt vår bedömning inte optimal odlingsplugg. Skogforsk har därefter varit i kontakt med tillverkaren i Holland och de har i samarbete med oss designat en större odlingsplugg som är mer lämplig för stickning av tall, vilken testas i ett av experimenten som beskrivs i den här rapporten.

Det ställs stora krav på rotningsmiljön vid en sticklingsförökning med kontroll av luftfuktighet, temperatur i jord och i luft och avsaknad av skadegörare, framför allt svampar. Växthus för sticklingsförökning har utvecklats och är nu utrustade för att klara kraven under de flesta väderförhållanden. Det syntetiska växthormonet IBA används vid stickningen och är en momentan åtgärd (doppning av sticklingen i en lösning av IBA och alkohol) som verkar stimulerande på rotbildning. Det som idag saknas är bättre kunskap om optimal temperatur i substrat och luft, ljusstyrka och spektra samt fukt och vatten i substrat och luft under rotningsfasen för att uppnå en stabil och hög rotning över tid.

I denna rapport redovisas resultatet från sex försök som alla har till syfte att skapa förståelse för vilka faktorer som påverkar rotbildningen vid sticklingsförökning av tall. Ett av försöken fokuserar på moderplantan och den optimala tidpunkten för sensommarstickning och de övriga fem fokuserar på olika aspekter av rotningsmiljön för sticklingarna. Tillsammans ger de ett bra underlag för att justera de protokoll som används vid stickning av tall.

## Material och metoder

De sex försöken som redovisas i denna rapport beskrivs i tabell 1. Tre av försöken har genomförts vid Skogforsks forskningsstation i Ekebo och tre vid Skogforsks forskningsstation i Sävar. Försökens arbetsnamn/akronym kommer att användas i rapporten och ingår därför i tabell 1.

Tabell 1. Beskrivning av i rapporten ingående försök.

| <b>Försökets<br/>arbetsnamn</b> | <b>Lokalisering</b> | <b>Stickningsår</b> | <b>Syfte</b>                                                                                                            |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FRAT                            | Ekebo               | 2016 och<br>2020    | Effekt av tidpunkt för stickning på rotningsresultatet, samt möjlighet att öka det optimala tidsfönstret för stickning. |
| Kelpak                          | Ekebo               | 2021                | Effekt av "urtvättning" och Kelpakbehandling på rotningsresultatet.                                                     |
| GF22                            | Ekebo               | 2022                | Test av odlingspluggen Growfoam vid rotning av tallsticklingar.                                                         |
| RotUtv_Temp                     | Sävar               | 2019                | Effekt av temperatur i rotningssubstratet på rotningsresultatet.                                                        |
| RotUtv_rH                       | Sävar               | 2020                | Effekt av luftfuktigheten i luften under rotningen på rotningsresultatet.                                               |
| RotUtv_Ljus                     | Sävar               | 2021                | Effekt på rotningsresultatet av tillskottsljus med olika ljusspektra under rotningen.                                   |

## Material och metoder – FRAT

Två försök genomfördes. Dessa kompletterar varandra och redovisas därför tillsammans. Det senare försöket anlades för att öka spannet för undersökta stickningstidpunkter.

### Moderplantor FRAT16-försöket

Moderplantor till försöket såddes våren 2015 från tio helsyskonfamiljer från de syd- och mellansvenska förädlingspopulationerna av tall. Totalt fanns det vid försöksstarten 1111 moderplantor som fördelades jämnt på de 11 försöksleden, vilket gav 101 moderplantor per försöksled.

### Moderplantor FRAT20-försöket

Moderplantor till försöket såddes våren 2019 från tio helsyskonfamiljer från de syd- och mellansvenska förädlingspopulationerna av tall, dock inte samma familjer som i det tidigare försöket. Totalt fanns det vid försöksstarten 1476 moderplantor som fördelades jämnt på de 12 försöksleden, vilket gav 123 moderplantor per försöksled.

### Försökled FRAT16-försöket

Försöket innehöll fem olika stickningstidpunkter med två veckors mellanrum. Vid fyra av dessa tidpunkter stacks även från moderplantor som hållits kvar i tidigare stickningstidpunkters dagslängd (Tabell 2).

Tabell 2. Försökled i FRAT16-försöket. Försökled (FLed) med samma färg hade moderplantor som fram till stickningen hållits i samma dagslängd.

| Stickning 2016 |        |        |        |        |         |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| FLed/Vecka     | 29     | 31     | 33     | 35     | 37      |
| Kontroll       | FLed 1 | FLed 2 | FLed 4 | FLed 7 | FLed 10 |
| Fotoperiod V29 |        | FLed 3 | FLed 5 |        |         |
| Fotoperiod V31 |        |        | FLed 6 | FLed 8 |         |
| Fotoperiod V33 |        |        |        | FLed 9 | FLed 11 |

Vanliga växthuslampor, metallhalogen, användes för tillskottsljus vid regleringen av dagslängd.

### Försökled FRAT20-försöket

Försöket innehöll fem olika stickningstidpunkter med två veckors mellanrum och en tidpunkt för vinterstickning. Vid fyra av dessa tidpunkter stacks även ris från moderplantor som hållits kvar i tidigare stickningstidpunkters dagslängd (Tabell 3).

Tabell 3. Försökled i FRAT20-försöket. Försökled (FLed) med samma färg hade moderplantor som fram till stickningen hållits i samma dagslängd.

| Stickning 2020 |        |        |        |        |         |     | 2021    |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|-----|---------|
| FLed/Vecka     | 33     | 35     | 37     | 39     | 41      | ... | 9       |
| Kontroll       | Fled 1 | Fled 2 | Fled 4 | Fled 7 | Fled 10 |     | Fled 12 |
| Fotoperiod V33 |        | Fled 3 | Fled 5 |        |         |     |         |
| Fotoperiod V35 |        |        | Fled 6 | Fled 8 |         |     |         |
| Fotoperiod V37 |        |        |        | Fled 9 | Fled 11 |     |         |

Vanliga växthuslampor, metallhalogen, användes för tillskottsljus vid regleringen av dagslängd.

### Stickning i försöken

Stickningen i båda försöken utfördes enligt de normala rutiner för stickning av tall som användes vid Ekebo. Stickning av sex ris per klon. Sticklingarna klipptes direkt före stickningen och en längd på 4–8 cm eftersträvades. Sticklingarna doppades i IBA 8000 ppm i 10 sekunder, därefter "torkning" i ca 20 sekunder, och sedan stickning. De stacks i "BCC-V150\_SS-container" med en substratblandning 60/40 torv/perlit.

Vid första stickningstillfället, vecka 29, var det svårt att uppfylla minimikravet på 4 cm längd på sticklingarna för alla sticklingar. Dock uppfyllde de flesta sticklingarna detta krav.

### Skötsel efter stickningen

I bägge försöken sköttes sticklingarna enligt normala rutiner för stickning av tall vid Ekebo, det vill säga: Rotning i åtta veckor med +22 °C undervärme, skuggväv och luftfuktighetskontroll genom solstrålningsintegrator och nödbefuktning när luftfuktigheten sjunker under 65–70 procent. Därefter avtrappning av undervärmen under fyra veckor och sedan invintring och övervintring i växthuset.

Då stickningen skedde vid fem tillfällen med åtta veckor mellan första och sista stickning fick en modifiering göras enligt följande: Då stickningarna hade varit i rotningsmiljön i sina åtta veckor flyttades de till en ny kammare där avtrappning, invintring och övervintring skedde. I denna kammare hölls temperaturen på runt 10 °C tills de sista

sticklingarna varit där i tre veckor, varefter kammaren hölls frostfri, vilket betyder att den togs ner till frostfritt läge från vecka 48. Sticklingarna i försöksledet vinterstickning i FRAT20-försöket sköttes enligt ordinarie rutin och flyttades efter åtta veckor till samma kammare som övriga sticklingar i försöket.

### **Odling vår och sommar 2017 och 2021**

Våren och sommaren 2017 och 2021 odlades sticklingarna enligt ordinarie rutiner för tallsticklingar vid Ekebo.

### **Inventeringar**

Runt månadsskiftet september/oktober respektive år inventerades sticklingarna med avseende på vitalitet och höjd.

Vitalitet klassades i skala 0–3, där 0 var död stickling, 1 = stickling med kraftigt nedsatt vitalitet, 2 = stickling med måttligt nedsatt vitalitet och 3 var fullt vital stickling. Planthöjd mättes i millimeter på alla levande sticklingar.

### **Hormonanalyser av sticklingar i FRAT20-försöket**

Från de fem försöksleden utan justering av dagslängden, FLed 2, 4, 7, 10, 12, togs ris från totalt 100 sticklingar (4 Fams x 5 FLed x 5 kloner/Fam x 1 stickling/klon). Från dessa sticklingar klipptes ris i samband med stickningen, lades i foliepaket och kylades direkt ner på kolsyreis. Proverna förvarades i frys, -80°C, i Ekebo tills alla prover var tagna och transporterades därefter, på kolsyreis, upp till Karin Ljung vid UPSC i Umeå.

Vid UPSC analyserades innehållet av hormoner som är kända för att kunna ha en påverkan på rotningen hos sticklingar, auxin och cytokininer. Analys gjordes av botten och toppen av sticklingen, samt barren. Analyserna utfördes med masspektrometer. De analyserade hormonerna var auxinet IAA (indol-3-ättiksyra) och cytokininerna: iP (isopentenyladenine), cZ (cis-zeatin), tZ (trans-zeatin) och DHZ (dihydrozeatin).

Hormonhalterna analyserades tillsammans med klonernas andel rotade sticklingar och höjden på sticklingarna för respektive klon.

### **Databearbetning**

Procent rotade sticklingar beräknades för varje försöksled som andel sticklingar med vitalitet större än 1.

Medelhöjd på sticklingar per försöksled beräknades på sticklingar med vitalitet större än 1.

## **Material och metoder – Kelpak**

### **Moderplantor**

Moderplantor till försöket såddes upp våren 2020 från 12 helsyskonfamiljer från de syd- och mellansvenska förädlingspopulationerna av tall. Totalt fanns det vid försöksstarten 489 moderplantor som fördelades jämnt på de nio försöksleden, vilket gav 54 eller 55 moderplantor per försöksled. Från varje moderplanta stacks sex ris, vilket innebar att försöksleden från start innehöll 324 eller 330 sticklingar.

## Försöksled

Försöket innehöll nio försöksled i vilka olika kombinationer av behandling av sticklingsriset före och efter stickningen provades (Tabell 4).

De faktorer vars effekt provades var:

- H<sub>2</sub>O natt: "Urtvättning" av snittytan på riset genom att sticklingsriset fick stå med snittytan i vatten över natt innan stickningen.
- Kelpak natt: Kelpak-behandling av snittytan på riset genom att sticklingsriset fick stå med snittytan i en Kelpak-lösning över natt innan stickningen.
- IBA: IBA-doppning då sticklingsriset inte fått, eller fått stå i vatten eller Kelpak-lösning över natt.
- Kelpak-vattning: Effekten av att vattna sticklingarna med Kelpak-lösning den första tiden efter stickningen.

I försöksleden utan behandling över natt (Fled 1–3) skedde IBA-behandling och stickning i direkt anslutning till risklippningen. I försöksleden med behandling över natt (Fled 4–9) skedde risklippningen på eftermiddagen och IBA-behandling och stickning på förmiddagen påföljande dag. IBA-behandlingen utfördes genom att risen doppades i en IBA-lösning med 8000 ppm (8 gr IBA per liter) i 10 sek, följt av "lufttorkning" i cirka 20 sekunder, och sedan stickning. Kelpak-vattning utfördes med en lösning med 1:10 (Kelpak:H<sub>2</sub>O) en gång per vecka i fyra veckor efter stickningen med början en vecka efter stickningen.

Tabell 4. Försöksled (Fled) i försöket.

| Försöks-<br>led | Behandling innan stickning |                           |                 | Stick-<br>ning   | Behandling efter<br>stickning |
|-----------------|----------------------------|---------------------------|-----------------|------------------|-------------------------------|
|                 | Ris-<br>klippning          | H <sub>2</sub> O,<br>natt | Kelpak,<br>natt | IBA-<br>doppning | Kelpak-vattning               |
| 1               | X                          |                           |                 | X                |                               |
| 2               | X                          |                           |                 | X                | X                             |
| 3               | X                          |                           |                 | X                | X                             |
| 4               | X                          | X                         |                 | X                |                               |
| 5               | X                          | X                         |                 | X                | X                             |
| 6               | X                          | X                         |                 | X                | X                             |
| 7               | X                          |                           | X               | X                |                               |
| 8               | X                          |                           | X               | X                | X                             |
| 9               | X                          |                           | X               | X                | X                             |

## Stickning i försöken

Stickningen utfördes i månadsskiftet augusti/september 2021 enligt de normala rutiner för stickning av tall som användes vid Ekebo med tillägg av de extra behandlingar som ingick i försöket. Stickning av sex ris per klon. Sticklingarna klipptes och en längd på 4–8 cm eftersträvades. De stacks i "BCC-V150\_SS-container" med en substratblandning 60/40 torv/perlit.

## Skötsel efter stickningen

Förutom Kelpak-vattningen sköttes sticklingarna enligt normala rutiner för stickning av tall vid Ekebo, det vill säga rotning i åtta veckor med +22 °C undervärme, skuggväv och luftfuktighetskontroll genom solstrålningsintegrator och nödbefuktning när

luftfuktigheten sjönk under 65–70 procent. Därefter avtrappning av undervärmen under fyra veckor och sedan invintring och övervintring i växthuset.

## Odling vår och sommar 2022

Våren och sommaren 2022 odlades sticklingarna enligt ordinarie rutiner för tallsticklingar vid Ekebo.

## Inventeringar

I början av juli och i september 2022 inventerades sticklingarna med avseende på vitalitet.

Vitalitet klassades i skala 0–3, där 0 var död stickling, 1 = stickling med kraftigt nedsatt vitalitet, 2 = stickling med måttligt nedsatt vitalitet och 3 var fullt vital stickling.

## Statistisk analys

Data för vitalitet transformerades till normal scores-värden för att uppfylla kraven för normalfördelning (Gianola & Norton 1981). Den statistiska analysen utfördes sedan på de transformerade värdena.

En statistisk analys utfördes med SAS (version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) för att bedöma effekterna och eventuella samspel av genomförda behandlingar (H<sub>2</sub>O eller Kelpak över natt, IBA respektive Kelpak-vattning) på studerade beroende variabler. En linjär blandad effektmodell anpassades med behandling och familj som fixa effekter, och klon nestad inom familj samt ramet nestad inom klon som slumpmässiga effekter. Denna nestningsstruktur går att koppla till den hierarkiska organisationen av kloner inom familjer respektive rameter inom kloner.

Den statistiska modellen för denna analys var följande:

$$Y_{ijkl} = \mu + FLed_i + Fam_j + (Klon_k|Fam_j, FLed_i) + Ramet_{l|k} + \varepsilon_{ijkl}$$

Där:

|                          |                                                                   |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| $Y_{ijkl}$ =             | beroende variabel, vitalitet                                      |
| $\mu$ =                  | globalt medelvärde                                                |
| $FLed_i$ =               | fix effekt av försökled                                           |
| $Fam_j$ =                | fix effekt av familj                                              |
| $Klon_k Fam_j, FLed_i$ = | slumpmässig effekt av den k-te klonen nestad inom familj och Fled |
| $Ramet_{l k}$ =          | slumpmässig effekt av den l-te rameten inom den k-te klonen       |
| $\varepsilon_{ijkl}$ =   | felterm                                                           |

Vid skattning av de fasta effekterna användes Kenward-Rogers metod för att beräkna nämnarens frihetsgrader, med tanke på dess robusthet i små urvalsmiljöer. Minsta kvadrat-medelvärden beräknades för behandlingseffekten och parvisa jämförelser utfördes med Tukeys justering för multipel testning för att kontrollera den familjevisa felprocenten.

Resultaten presenteras som procent levande sticklingar och som medelvitalitet. För procentvärdena gjordes inga signifikanstester. För vitaliteten presenteras medelvärdena för de otransformerade variablerna, medan signifikanstesterna utfördes på transformerade värden.

## Material och metoder – GF22

### Försöksled

I försöket jämfördes stickning i Growfoam med stickning i den ordinarie stickningstörv som används i Ekebo (Tabell 5). Sticklingarna som startar i en ”odlingsplugg” (Growfoam) måste omplanteras vid något tillfälle. I detta försök provades en tidig tidpunkt (jun/jul 2023) och en sen tidpunkt (aug/sep 2023) för omplantering. Som kontroll stacks ris i törv. Dessa sticklingar omplanterades inte utan omplockades i månadsskiftet augusti/september 2023. Detta enligt den rutin som används vid storskalig stickning av tall i Ekebo idag. Vid omplockningen avlägsnas de sticklingar som inte rotat sig och de som rotat sig placeras i varannan odlingsplats i kassetterna.

Stickningen utfördes och sköttes i övrigt enligt ordinarie rutiner för stickning av tall i Ekebo, vilket bland annat innebär att stickningsriset doppades i rotningshormonet IBA innan det stacks i Growfoam eller törv.

Tabell 5. Försöksled i Growfoam-försöket. Sensommarstickningen utfördes 2022-08-22 och vårvinterstickningen 2023-02-15. Den tidiga omplanteringen utfördes i månadsskiftet juni/juli 2023 och den sena omplanteringen och omplockningen utfördes i utfördes i månadsskiftet augusti/september 2023.

| Stickning i                 | Omplantering/<br>omplockning    | Sensommar-<br>stickning | Vårvinter-<br>stickning |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Growfoam                    | Tidig (jun/jul)<br>omplantering | 1                       | 2                       |
|                             | Sen (aug/sep)<br>omplantering   | 3                       | 4                       |
| Ordinarie<br>stickningstörv | Sen (aug/sep)<br>omplockning    | 5                       | 6                       |

### Moderplantor till försöket och fördelning av kloner mellan försöksled

Som moderplantor i försöket användes sticklingar från två olika materialgrupper som båda varit föremål för risklippning en gång i andra försök.

Det första materialet var moderplantor från elva helsyskonfamiljer. I detta material valdes totalt 222 kloner (37 kloner per försöksled) ut utifrån kriteriet att minst tre sticklingsris kunde klippas på dem. Klonerna från varje familj slumpades sedan över försöksleden, så att alla försöksled skulle innehålla ungefär lika många sticklingar från materialgruppen. En bedömning innan försöksstart gav att varje försöksled skulle komma att innehålla mellan 176–199 sticklingar från materialgruppen.

Det andra materialet var moderplantor från två plantagefröpartier, plantagerna FP-604B Lilla Istad och FP-623 Pålberget. Från dessa material valdes 180 moderplantor ut från varje material och dessa slumpades på försöksleden med 30 kloner per plantagematerial i varje försöksled.

Vid stickning stacks så många ris som det var möjligt från varje klon.

### **Rotningshormon och stickning**

Rotningshormonet IBA (Indol-3-smörsyra) användes. En lösning med 8000 ppm (8 gr per liter) av IBA användes. Efter klippning doppades sticklingarnas snittytor i IBA-lösningen i 20 sekunder varefter de lades att lufttorka i 10 sekunder. Därefter stacks de ner i rotningssubstratet (Growfoam eller torvblandning).

IBA-lösningen tillreddes genom att 8 gram IBA först löstes i 526 ml 95-procentig etanol med hjälp av en magnetomrörare. Därefter tillsattes 474 ml vatten av hög renhet (från vattenreningsmaskin Milli Q, ger vatten med hög renhet och en konduktivitet på 18,2 mikrosiemens) och när vätskorna blandat sig togs magneten upp.

Försöksled med Growfoam-pluggar: försöksled 1–4 stacks i odlingspluggarna och odlades därefter fram till omskolningen i Growfoams brätten. Försöksled med torv: försöksled 5–6 stacks i Ekebos ordinarie torvblandning för sticklingar i V150\_SS-kassetter.

### **Omplantering och omplockning**

De levande sticklingarna i försöksled 1 och 2 omplanterades till V150\_SS-kassetter i månadsskiftet juni/juli 2023, och sticklingarna sattes då i varannan potta i brättet för att ge sticklingarna bättre plats och möjlighet att utvecklas.

De levande sticklingarna i försöksled 3 och 4 omplanterades till V150\_SS-kassetter månadsskiftet augusti/september 2023, och sticklingarna sattes då i varannan potta i brättet för att ge sticklingarna bättre plats och möjlighet att utvecklas.

De levande sticklingarna i försöksled 5 och 6 omplockades i månadsskiftet augusti/september 2023. De sticklingar som då var levande flyttades till nya V150\_SS-brätten och placerades i varannan potta i brättet.

### **Inventeringar**

En första inventering av sticklingarnas vitalitet utfördes 2023-07-13 och då klassades ymparnas vitalitet i skala 0–3, där 0 betyder död, 1 = kraftigt nedsatt vitalitet, 2 = något nedsatt vitalitet och 3 är fullt vital.

En andra inventering gjordes 2023-08-23 och då klassades sticklingarna på samma sätt som vid den första inventeringen.

Efter den andra tillväxtsången, 2024-09-30, klassades sticklingarna vitalitet på nytt och dessutom mättes sticklingarnas höjd i centimeter på alla levande sticklingar.

### **Kontroll av rotbildningen**

Baserat på den sista inventeringen valdes ett stickprov ut för kontroll av rotbildningen.

Alla sticklingar som kontrollerades kom från det plantagematerial som hade högst överlevnad och därmed fanns representerat med ett flertal sticklingar i alla försöksled.

De utvalda sticklingarna valdes efter kriteriet att de alla hade Vit = 3, och sedan valdes den högsta, en medelhög och den kortaste plantan i respektive försöksled (Tabell 6).

Tabell 6. Sticklingar utvalda för kontroll av rotbildningen. Klnr är klonens identitet. Samtliga kloner härrör från plantagefröparti S23P1310044.

| Fled | Klnr        | Vit240930 | Höjd (cm) |
|------|-------------|-----------|-----------|
| 1    | S21K2210027 | 3         | 26,5      |
| 1    | S21K2210024 | 3         | 18,9      |
| 1    | S21K2210016 | 3         | 12,6      |
| 2    | S21K2210037 | 3         | 27,3      |
| 2    | S21K2210042 | 3         | 18,6      |
| 2    | S21K2210050 | 3         | 12,1      |
| 3    | S21K2210071 | 3         | 28,1      |
| 3    | S21K2210075 | 3         | 20,6      |
| 3    | S21K2210063 | 3         | 15,8      |
| 4    | S21K2210094 | 3         | 26,4      |
| 4    | S21K2210093 | 3         | 20,6      |
| 4    | S21K2210104 | 3         | 18,0      |
| 5    | S21K2210134 | 3         | 43,1      |
| 5    | S21K2210150 | 3         | 26,2      |
| 5    | S21K2210121 | 3         | 21,2      |
| 6    | S21K2210161 | 3         | 37,5      |
| 6    | S21K2210177 | 3         | 26,0      |
| 6    | S21K2210151 | 3         | 16,0      |

Rötterna på de utvalda sticklingarna frilades genom att de ställdes i vatten och sedan försiktigt skakades så att torven och det som eventuellt var kvar av Growfoam-pluggen lossnade från rötterna. Vid behov byttes vattnet och proceduren upprepades till rötterna var frilagda.

Då rötterna var frilagda fotograferades sticklingarna från respektive försöksled.

### Statistisk analys

Data för vitalitet transformerades till normal scores-värden för att uppfylla kraven för normalfördelning (Gianola & Norton 1981). Den statistiska analysen utfördes sedan på de transformerade värdena.

Statistisk analys utfördes med SAS (version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) för att bedöma effekterna av behandling (Försöksled) och familj (Fam) på de beroende variablerna. En linjär blandad effektmodell anpassades med behandling och familj som fixa effekter, och klon nestad inom familj och ramet nestad inom klon som slumpmässiga effekter. Denna nestningsstruktur står för den hierarkiska organisationen av kloner inom familjer och rameter inom kloner.

Den statistiska modellen för denna analys var följande:

$$Y_{ijkl} = \mu + Fled_i + Fam_j + (Klon_k|Fam_j, Fled_i) + Ramet_{l|k} + \varepsilon_{ijkl}$$

Där:

$Y_{ijkl}$  = beroende variabel, till exempel vitalitet

$\mu$  = globalt medelvärde

|                          |                                                                   |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| $Fled_i =$               | fix effekt av försöksled                                          |
| $Fam_j =$                | fix effekt av familj                                              |
| $Klon_k Fam_j, Fled_i =$ | sluppmässig effekt av den k-te klonen nestad inom familj och Fled |
| $Ramet_{l k} =$          | sluppmässig effekt av den l-te rameten inom den k-te klonen       |
| $\varepsilon_{ijkl} =$   | felterm                                                           |

Vid skattning av de fasta effekterna användes Kenward-Rogers metod för att beräkna nämnarens frihetsgrader, med tanke på dess robusthet i små urvalsmiljöer. Minsta kvadrat-medelvärden beräknades för behandlingseffekten och parvisa jämförelser utfördes med Tukeys justering för multipel testning för att kontrollera den familjevisa felprocenten.

## Material och metoder – RotUtv\_Temp

### Moderplantor

Moderplantorna i försöket kom från fyra plantagefröpartier och var vid stickningen 1–3 år från sådd: Plantage Pålberget med moderplantor av 1–3 års ålder (P18, P17 och P16) och Alvik med moderplantor av två års ålder (P17). Antalet sticklingar var totalt 4480 och antalet per plantagefröparti var mellan 789–1598 sticklingar. Dessa fördelades jämnt mellan försöksleden så varje försöksled innehöll 875–904 sticklingar.

### Försöksled

Försöket innehöll fem försöksled (FLed) vilka var olika måltemperatur i odlingssubstratet (Tabell 7). I tre av försöksleden registrerades rotningstemperaturen under försöket.

Tabell 7. Försöksled (FLed) i försöket.

| FLed | Planerad Temp °C | Registrering Temp °C |
|------|------------------|----------------------|
| 1    | 16               | x                    |
| 2    | 19               |                      |
| 3    | 22               | x                    |
| 4    | 25               |                      |
| 5    | 28               | x                    |

### Stickning i försöken

Försöket genomfördes vid Skogforsk i Sävar och stickningen utfördes vecka 8, 20–22 februari 2019, enligt de normala rutiner för stickning av tall som användes vid Sävar med de olika substrattemperaturer som ingick i försöket. Sticklingsriset avbarrades på den nedre halvan och ställdes i vatten över natten. Innan stickning torkades sticklingen av och doppades sedan i IBA-lösning (8000 ppm, se tillredning i tidigare beskrivning) i 10 sekunder, lufttorkades i 30 sekunder och stacks därefter i odlingssubstratet.

Kassetterna placerades i en odlingskammare med lufttemperatur på 12 grader och placerades på olika odlingsbord täckta med mineralullsmatta som höll de fem olika jordtemperaturerna (16–28 °C). Luftfuktigheten i kammaren upprätthölls av dimdysor och ett rH runt 70 procent, eftersträvades. En ljusstyrka 20–30 klx under dagtid säkerställdes med tilläggslys.

### Inventeringar

I slutet av maj 2019 inventerades sticklingarna med avseende på rotning och rotlängd. Rotningen klassades i 5 klasser (0= inga rötter/död, 1 = endast callus, 2 = 1–2 rötter, 3 = 3–10 rötter och 4 = mer än 10 rötter). Rotlängden på längsta roten mättes i centimeter.

### Statistisk analys

Från rotningsklass skapades inför analysen variabeln Rotad med värdet 0 eller 1, där alla med Rotningsklass större än 1 fick värdet 1. Rotad användes för att beräkna procent rotade sticklingar.

Data för Rotningsklass transformerades till normal scores-värden för att uppfylla kraven för normalfördelning (Gianola & Norton 1981). Den statistiska analysen utfördes sedan på de transformerade värdena.

Statistisk analys utfördes med SAS (version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) för att bedöma effekterna av de olika rotningstemperaturerna. En linjär blandad effektmodell anpassades med försöksled och familj som fixa effekter, och familj nestad inom försöksled som slumpmässiga effekter.

Den statistiska modellen för denna analys var följande:

$$Y_{ijkl} = \mu + FLed_i + Fam_j + (Fam_j|FLed_i) + \varepsilon_{ij}$$

Där:

|                      |                                               |
|----------------------|-----------------------------------------------|
| $Y_{ij}$ =           | beroende variabel, rotningsklass              |
| $\mu$ =              | globalt medelvärde                            |
| $FLed_i$ =           | fix effekt av försöksled                      |
| $Fam_j$ =            | fix effekt av familj                          |
| $Fam_j FLed_i$ =     | slumpmässig effekt av familj nestad inom Fled |
| $\varepsilon_{ij}$ = | felterm                                       |

Vid skattning av de fasta effekterna användes Kenward-Rogers metod för att beräkna nämnarens frihetsgrader, med tanke på dess robusthet i små urvalsmiljöer. Minsta kvadrat-medelvärden beräknades för behandlingseffekten och parvisa jämförelser utfördes med Tukeys justering för multipel testning för att kontrollera den familjevisa felprocenten.

Resultaten presenteras som procent rotade sticklingar och som rotningsklass. För rotningsklass presenteras medelvärdena för den otransformerade variabeln, medan signifikanstesterna utfördes på transformerade värden.

## Material och metoder – RotUtv\_rH

### Moderplantor

Moderplantorna i försöket kom från fem plantagefröpartier och var vid stickningen 1–3 år från sådd: Plantage Pålberget med moderplantor av 1–3 års ålder (P19, P18, P17), Alvik med moderplantor av tre års ålder (P17), samt Lilla Istad med moderplantor av ett års ålder (L19). Antalet sticklingar var initialt totalt 6208, men på grund av svampproblem under odlingen och problem att hålla substratfuktigheten i försöksledet med lägst relativ luftfuktighet reducerades antalet sticklingar som kunde användas i analyserna till 4077. För dessa var antalet per plantagefröparti mellan 591–959 sticklingar. Varje försöksled innehöll mellan 119–1400 sticklingar, där försöksled 1, rH 30 procent, hade lägst antal, 119 sticklingar, och de övriga hade 1278, 1400 respektive 1280 sticklingar.

### Försöksled

Försöket innehöll fyra försöksled (FLed) vilka var olika mål för relativ luftfuktighet (rH) i luften under rotningsfasen (Tabell 8).

Tabell 8. Försöksled (FLed) i försöket.

| FLed | Planerad           |
|------|--------------------|
|      | Luftfuktighet<br>% |
| 1    | 30                 |
| 2    | 50                 |
| 3    | 70                 |
| 4    | 90                 |

### Stickning i försöken

Försöket genomfördes vid Skogforsk i Sävar och stickningen utfördes vecka 8, 20–22 februari 2020 enligt de normala rutiner för stickning av tall som användes vid Sävar med de olika rH i luften som ingick i försöket. Sticklingsriset avbarrades på den nedre halvan och ställdes i vatten över natten. Innan stickning torkades sticklingen av och doppades sedan i IBA-lösning (8000 ppm) i 10 sekunder, lufttorkades i 30 sekunder och stacks därefter i odlingssubstratet.

De första två veckorna stod alla sticklingar gemensamt i ett växthus med lufttemp på 11 °C och en relativ luftfuktighet på 80 procent. Därefter placerades kassetterna i odlingskammare med en lufttemperatur på 12 grader och placerades på odlingsbord täckta med mineralullsmatta med en substrattemperatur på 25–26 °C. Eftersträvad rH upprätthölls av dimdysor. En ljusstyrka på 20–30 klx under dagtid säkerställdes med tilläggslys.

### Inventeringar

I mitten av maj 2020 inventerades sticklingarna med avseende på rotningsgrad och rotlängd. Rotningen klassades i fem klasser (0 = inga rötter/död, 1 = endast callus, 2 = 1–2 rötter, 3 = 3–10 rötter och 4 = mer än 10 rötter). Rotlängden på den längsta roten mättes i centimeter.

## Statistisk analys

Från rotningsklass skapades inför analysen variabeln Rotad med värdet 0 eller 1, där alla med Rotningsklass över 1 fick värdet 1. Rotad användes för att beräkna procent rotade sticklingar.

Data för Rotningsklass transformerades till normal scores-värden för att uppfylla kraven för normalfördelning (Gianola & Norton 1981). Den statistiska analysen utfördes sedan på de transformerade värdena.

Statistisk analys utfördes med SAS (version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) för att bedöma effekterna av de olika luftfuktigheterna. En linjär blandad effektmodell anpassades med försöksled och familj som fixa effekter, och familj nestad inom försöksled som slumpmässiga effekter.

Den statistiska modellen för denna analys var följande:

$$Y_{ijkl} = \mu + FLed_i + Fam_j + (Fam_j|FLed_i) + \varepsilon_{ij}$$

Där:

|                      |                                               |
|----------------------|-----------------------------------------------|
| $Y_{ij}$ =           | beroende variabel, rotningsklass              |
| $\mu$ =              | globalt medelvärde                            |
| $FLed_i$ =           | fix effekt av försöksled                      |
| $Fam_j$ =            | fix effekt av familj                          |
| $Fam_j FLed_i$ =     | slumpmässig effekt av familj nestad inom Fled |
| $\varepsilon_{ij}$ = | felterm                                       |

Vid skattning av de fasta effekterna användes Kenward-Rogers metod för att beräkna nämnarens frihetsgrader, med tanke på dess robusthet i små urvalsmiljöer. Minsta kvadrat-medelvärden beräknades för behandlingseffekten och parvisa jämförelser utfördes med Tukeys justering för multipel testning för att kontrollera den familjevisa felprocenten.

Resultaten presenteras som procent rotade sticklingar och som rotningsklass. För rotningsklass presenteras medelvärdena för den otransformerade variabeln, medan signifikanstesterna utfördes på transformerade värden.

## Material och metoder – RotUtv\_Ljus

### Moderplantor

Moderplantorna i försöket kom från fem plantagefröpartier och var vid stickningen 1–2 år från sådd: Plantage Pålberget med moderplantor av 1–2 års ålder (P20, P19), Västerhus med moderplantor av 1 års ålder (V20), samt Lilla Istad med moderplantor av 1–2 års ålder (L20, L19). Antalet sticklingar var initialt högre, men på grund av svampinfektion på moderplantorna (tallskytte) reducerades antalet sticklingar som kan användas i analyserna till 3876. För dessa var antalet per plantagefröparti mellan 263–1806 sticklingar. Varje försöksled innehöll mellan 1202–1329 sticklingar.

## Försöksled

Försöket innehöll tre försöksled som representerade olika typ av ljuskälla under rotningsfasen. Ljuskällorna var LED-belysning med vitt ljus som ska motsvara det ljus som vanliga växthuslampor (metallhalogen), samt blått och rött ljus. De blå och röda lamporna ska företrädesvis ge ett ljus med de våglängder som absorberas av klorofyll a och b. Ljushetningsmängden som gavs uppmättes till 170–210  $\mu\text{mol}/\text{sek}/\text{m}^2$  PAR, och gavs så att sticklingarna fick en dagslängd på 18 timmar.

## Stickning i försöken

Försöket genomfördes vid Skogforsk i Sävar och stickningen utfördes vecka 7, 16–18 februari 2021, enligt de normala rutiner för stickning av tall som användes vid Sävar med de olika belysningar som ingick i försöket. Sticklingsriset avbarrades på den nedre halvan och ställdes i vatten över natten. Innan stickning torkades sticklingen av och doppades sedan i IBA-lösning (8000 ppm) i 10 sekunder, lufttorkades i 30 sekunder och stacks därefter i odlingssubstratet.

Kassetterna placerades i en odlingskammare med en lufttemperatur på 12 grader och placerades på odlingsbord täckta med mineralullsmatta med substrattemperatur på 25–26 °C. En relativ luftfuktighet på 70 procent eftersträvades och den upprätthölls av dimdysor.

## Inventeringar

I mitten av maj 2021 inventerades sticklingarna med avseende på rotningsklass och rotningslängd. Rotningen klassades i fem klasser (0 = inga rötter/död, 1 = endast callus, 2 = 1–2 rötter, 3 = 3–10 rötter och 4 = mer än 10 rötter). Rotningslängden på den längsta roten mättes i centimeter.

## Statistisk analys

Från rotningsklass skapades inför analysen variabeln Rotad med värdet 0 eller 1, där alla med Rotningsklass över 1 fick värdet 1. Rotad användes för att beräkna procent rotade sticklingar.

Data för Rotningsklass transformerades till normal scores-värden för att uppfylla kraven för normalfördelning (Gianola & Norton 1981). Den statistiska analysen utfördes sedan på de transformerade värdena.

Statistisk analys utfördes med SAS (version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) för att bedöma effekterna av de olika ljus typerna. En linjär blandad effektmodell anpassades med försöksled och familj som fixa effekter, och familj nestad inom försöksled som slumpmässiga effekter.

Den statistiska modellen för denna analys var följande:

$$Y_{ijkl} = \mu + FLed_i + Fam_j + (Fam_j|FLed_i) + \varepsilon_{ij}$$

Där:

|            |                                  |
|------------|----------------------------------|
| $Y_{ij}$ = | beroende variabel, rotningsklass |
| $\mu$ =    | globalt medelvärde               |
| $FLed_i$ = | fix effekt av försöksled         |
| $Fam_j$ =  | fix effekt av familj             |

$$Fam_j|Fled_i = \text{slumpmässig effekt av familj nestad inom Fled}$$

$$\varepsilon_{ij} = \text{felterm}$$

Vid skattning av de fasta effekterna användes Kenward-Rogers metod för att beräkna nämnarens frihetsgrader, med tanke på dess robusthet i små urvalsmiljöer. Minsta kvadrat-medelvärden beräknades för behandlingseffekten och parvisa jämförelser utfördes med Tukeys justering för multipel testning för att kontrollera den familjevisa felprocenten.

Resultaten presenteras som procent rotade sticklingar och som rotningsklass. För rotningsklass presenteras medelvärdena för den otransformerade variabeln, medan signifikanstesterna utfördes på transformerade värden.

## Resultat och diskussion, försöksvis

### FRAT

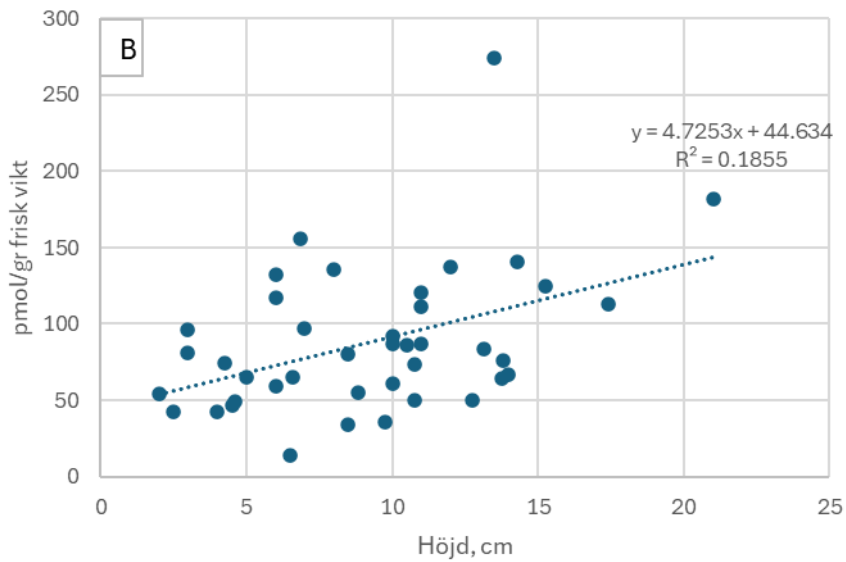
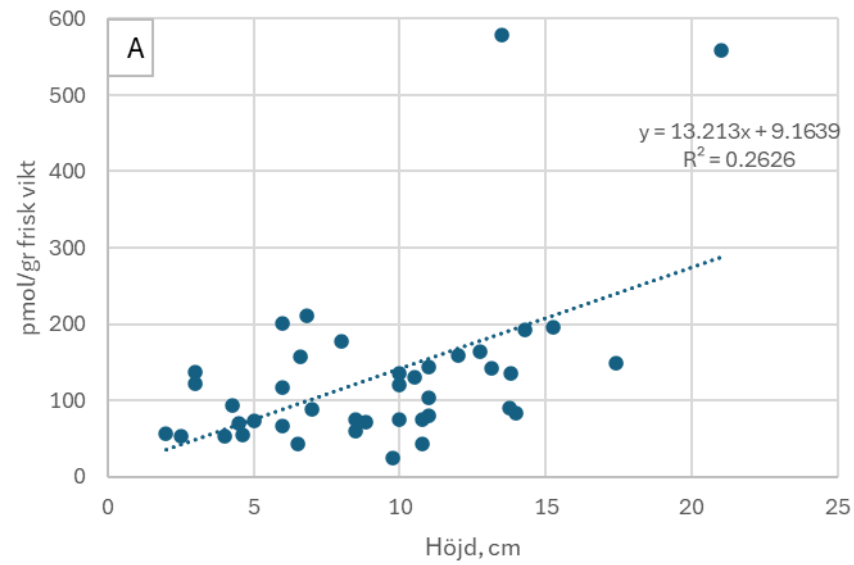
Rotningen mätt som antalet vitala plantor hösten efter stickningen varierade mellan de olika försöksleden i bägge försöken, mellan 6–38 procent och 4–50 procent i FRAT16 respektive FRAT20 (Tabell 9). Det tidsintervall som gav högst andel rotade sticklingar i båda försöken var veckorna 33 och 35, det vill säga andra halvan av augusti. Effekten av stickningstidpunkt på de rotade sticklingarnas höjdtillväxt var relativt blygsam (Tabell 10).

Att hålla kvar moderplantor i en längre dagslängd via tilläggsbelysning gav ingen positiv effekt på rotning av sticklingar vid en senare tidpunkt (Tabell 9) och inte heller på sticklingarnas höjdtillväxt (Tabell 10).

Högst andel rotade sticklingar inträffade alltså veckorna 33 och 35, vilket betyder att sensommarstickning av tall ska förläggas till tidsperioden mitten till slutet av augusti, och att man absolut ska se till att inte fortsätta med stickning in i september, då andelen rotade sticklingar sjunker drastiskt.

Att vidga tidsspännat, fönstret, för sensommarstickning genom att manipulera dagslängd för moderplantorna fungerar inte enligt här presenterade resultat. De interna processer som sker i moderplantorna under sensommar och som påverkar sticklingsrisets rotningsförmåga verkar inte vara möjliga att påverka via reglering av dagslängden. En möjlighet som skulle kunna provas är om det går att påverka moderplantorna genom att ge tillskottsljus med speciella våglängder, till exempel förhållandet mellan rött och mörkrött ljus och/eller mängden blått ljus. Dessa våglängder har visat sig ha effekt på att bibehålla tillväxt hos plantor av gran, *Picea abies* (Mølmann m.fl. 2006).

Sambandet mellan hormonnivåerna i sticklingarnas nedre del (vid snittytan), toppen på sticklingsriset samt barren och rotningsförmågan var svagt till obefintligt för alla analyserade hormoner. Sambandet med höjd på sticklingarna (med Vit 2 och 3) var positivt för IAA (Figur 1) och negativt för cytokininerna (data redovisas inte).



Figur 1. Samband mellan medelhöjden på en klons sticklingar (sticklingar med Vit 2 och 3) och halten IAA i nedre delen på sticklingen (vid snittytan) A, och i toppen på sticklingen B.

Tabell 9. Rotningsprocent för respektive försöksled i de bägge försöken i september året efter stickning. Sticklingar i vitalitetsklasser större än 1 bedömdes som rotade.

| Stickning 2016 |    |                |    |    |    |      |     |    |
|----------------|----|----------------|----|----|----|------|-----|----|
| FLed/Vecka     | 29 | 31             | 33 | 35 | 37 |      |     |    |
| Kontroll       | 6  | 16             | 36 | 38 | 25 |      |     |    |
| Fotoperiod V29 |    | 19             | 25 |    |    |      |     |    |
| Fotoperiod V31 |    |                | 24 | 17 |    |      |     |    |
| Fotoperiod V33 |    |                |    | 15 | 16 |      |     |    |
|                |    | Stickning 2020 |    |    |    | 2021 |     |    |
| FLed/Vecka     |    | 33             | 35 | 37 | 39 | 41   | ... | 9  |
| Kontroll       |    | 50             | 44 | 16 | 4  | 4    |     | 30 |
| Fotoperiod V33 |    |                | 32 | 8  |    |      |     |    |
| Fotoperiod V35 |    |                |    | 7  | 10 |      |     |    |
| Fotoperiod V37 |    |                |    |    | 6  | 7    |     |    |

Tabell 10. Höjd (i cm) på sticklingar med vitalitet större än vitalitetsklass1 för respektive försöksled i de bägge försöken, mätt i september året efter stickning.

| Stickning 2016 |    |                |    |    |    |      |   |
|----------------|----|----------------|----|----|----|------|---|
| FLed/Vecka     | 29 | 31             | 33 | 35 | 37 |      |   |
| Kontroll       | 9  | 12             | 16 | 16 | 15 |      |   |
| Fotoperiod V29 |    | 12             | 14 |    |    |      |   |
| Fotoperiod V31 |    |                | 15 | 14 |    |      |   |
| Fotoperiod V33 |    |                |    | 13 | 14 |      |   |
|                |    | Stickning 2020 |    |    |    | 2021 |   |
| FLed/Vecka     | 33 | 35             | 37 | 39 | 41 | ...  | 9 |
| Kontroll       | 10 | 12             | 10 | 8  | 9  |      | 8 |
| Fotoperiod V33 |    | 11             | 11 |    |    |      |   |
| Fotoperiod V35 |    |                | 9  | 10 |    |      |   |
| Fotoperiod V37 |    |                |    | 9  | 10 |      |   |

## Kelpak

Vid den faktorvisa analysen hade H<sub>2</sub>O natt en signifikant negativ effekt vid inventeringen i juli, men den var inte signifikant vid inventeringen i september. Kelpak natt hade en signifikant negativ effekt vid båda inventeringstillfällena. IBA-doppning var den faktor som hade enskilt störst positiv effekt och var signifikant vid bägge inventeringarna. Vattning med Kelpak efter stickningen hade en signifikant negativ effekt vid bägge inventeringarna (Tabell 11).

Tabell 11. Resultat för faktorvis analys. Statistiskt signifikanta skillnader ( $p < 0,05$ ) är markerade med en stjärna (\*).

| Faktor                | Procent Levande 2207 |      | Vit2207 |      |   | Procent Levande 2209 |      | Vit2209 |      |   |
|-----------------------|----------------------|------|---------|------|---|----------------------|------|---------|------|---|
|                       | 0                    | 1    | 0       | 1    |   | 0                    | 1    | 0       | 1    |   |
|                       |                      |      |         |      |   |                      |      |         |      |   |
| H <sub>2</sub> O natt | 22,6                 | 20,0 | 0,55    | 0,49 | * | 19,6                 | 18,5 | 0,55    | 0,52 |   |
| Kelpak natt           | 26,4                 | 16,2 | 0,66    | 0,37 | * | 23,8                 | 14,3 | 0,67    | 0,40 | * |
| IBA                   | 17,3                 | 25,3 | 0,40    | 0,64 | * | 15,8                 | 22,2 | 0,43    | 0,64 | * |
| Kelpak vattning       | 24,5                 | 18,0 | 0,64    | 0,39 | * | 23,4                 | 14,6 | 0,66    | 0,40 | * |

Av försöksleden hade FLed 1 (enbart IBA) och FLed 4 (H<sub>2</sub>O natt och IBA) högst överlevnad och vitalitet. De var dock inte statistiskt signifikant bättre än FLed 2 (IBA och Kelpak-vattning), vilket tyder på att vattning med Kelpak efter stickning inte hade en så stark negativ effekt (Tabell 12). Vid inventeringen i september var även FLed 5 (H<sub>2</sub>O natt, IBA och Kelpak-vattning) med bland de bästa kombinationerna som inte hade statistiskt signifikanta skillnader i vitalitet.

Tabell 12. Resultat för försöksledsvis analys. Försöksled som är statistiskt signifikant skilda åt ( $p < 0,05$ ) är markerade med olika bokstav.

| Fled | H <sub>2</sub> O natt | Kelpak natt | IBA | Kelpak vattning | Procent Levande 2207 | Vit 2207 |   | Procent Levande 2209 | Vit 2209 |   |
|------|-----------------------|-------------|-----|-----------------|----------------------|----------|---|----------------------|----------|---|
| 1    | 0                     | 0           | 1   | 0               | 34,5                 | 0,92     | a | 32,3                 | 0,92     | a |
| 2    | 0                     | 0           | 1   | 1               | 27,8                 | 0,69     | a | 23,7                 | 0,69     | a |
| 3    | 0                     | 0           | 0   | 1               | 21,4                 | 0,46     | b | 15,7                 | 0,43     | b |
| 4    | 1                     | 0           | 1   | 0               | 37,0                 | 1,02     | a | 34,4                 | 1,01     | a |
| 5    | 1                     | 0           | 1   | 1               | 24,2                 | 0,55     | b | 20,4                 | 0,57     | a |
| 6    | 1                     | 0           | 0   | 1               | 14,8                 | 0,32     | b | 13,6                 | 0,37     | b |
| 7    | 0                     | 1           | 1   | 0               | 20,6                 | 0,52     | b | 18,6                 | 0,53     | b |
| 8    | 0                     | 1           | 1   | 1               | 20,4                 | 0,46     | b | 14,6                 | 0,41     | b |
| 9    | 0                     | 1           | 0   | 1               | 12,2                 | 0,22     | b | 10,1                 | 0,27     | b |

Resultaten tyder sammantaget på att IBA är helt avgörande för att få ett acceptabelt rotnings- och vitalitetsresultat på tallsticklingar. Kelpak har en negativ effekt både då sticklingarna får stå i Kelpaklösning natten innan stickning och vid vattning med Kelpaklösning efter stickningen. Den positiva effekt som H<sub>2</sub>O natt har är inte så stor att den motiverar den ganska stora extra arbetsinsats som "urtvättning" av snittytan i vatten över natt innebär.

## GF22

Resultatet i form av antalet stuckna sticklingar blev väldigt olika vid de två stickningstillfällena. Vid sensommarstickningen kunde fler stickas än vad som var förväntat utifrån bedömningen som gjordes i samband med uppdelningen av helsyskonmaterialet på försökled, men vid vinterstickningen blev det tvärt om och färre än förväntat stacks (Tabell 13). För plantagematerialet gjordes ingen bedömning vid uppdelningen, men det stuckna antalet skiljer sig åt med fler stuckna sticklingar vid sensommarstickningen än vid vinterstickningen.

Tabell 13. Planerat och realiserat antal stickningar per materialgrupp.

| Material          | Sensommarstickning |               | Vinterstickning |               |
|-------------------|--------------------|---------------|-----------------|---------------|
|                   | Planerat antal     | Antal stuckna | Planerat antal  | Antal stuckna |
| Helsyskonfamiljer | 553                | 711           | 574             | 332           |
| Plantagebulk      | --                 | 2523          | --              | 1627          |
| Summa             |                    | 3234          |                 | 1959          |

Någon förklaring till skillnaden i antalet stuckna sticklingar vid de två tillfällena har inte gått att fastställa. Möjligen kan moderplantorna ha drabbats av någon form av klimatskada under hösten och vintern innan riset klipptes för vinterstickningen. Det finns dock inga noteringar att så var fallet. Denna skillnad och dess eventuella orsaker gör att jämförelsen mellan de två stickningstidpunkterna bör göras med stor försiktighet.

Det var stor skillnad i rotning och därmed i överlevnad och vitalitet mellan sticklingarna stuckna i Growfoam och i torvbandning (Tabell 14).

Tabell 14. Överlevnad (% Lev), Vitalitet (Vit) vid de tre inventeringstillfällena, samt höjd på de levande plantorna vid det tredje inventeringstillfället. För Vit och höjd anger olika bokstäver efter värdena signifikanta skillnader ( $p < 0,05$ ) mellan försöksleden. För vitalitet är medelvärdena otransformerade medan signifikanstesterna utfördes på transformerade värden.

| Försöksled |          |             |                  | 2023-07-13 |      |    | 2023-08-23 |      |    | 2024-09-30 |      |      |
|------------|----------|-------------|------------------|------------|------|----|------------|------|----|------------|------|------|
| FL         | GF/ Torv | Stick- ning | Omplant/ omplock | % Lev      | Vit  |    | % Lev      | Vit  |    | % Lev      | Vit  | Höjd |
| 1          | GF       | Som         | Tidig            | 15,9       | 0,62 | a  | 14,8       | 0,67 | a  | 13,2       | 0,61 | a    |
| 2          | GF       | Vin         | Sen              | 13,3       | 0,15 | b  | 7,8        | 0,14 | b  | 6,2        | 0,15 | b    |
| 3          | GF       | Som         | Tidig            | 14,5       | 0,47 | ac | 11,5       | 0,49 | ac | 10,2       | 0,45 | ac   |
| 4          | GF       | Vin         | Sen              | 5,2        | 0,09 | b  | 2,7        | 0,09 | b  | 2,4        | 0,11 | b    |
| 5          | Torv     | Som         | Sen              | 35,3       | 0,91 | d  | 32,5       | 1,00 | d  | 30,0       | 0,90 | d    |
| 6          | Torv     | Vin         | Sen              | 14,5       | 0,30 | bc | 12,8       | 0,33 | bc | 11,9       | 0,32 | bc   |

Det var generellt låg rotning och överlevnad i försöket. Det enda försökled som hade en rotning och överlevnad i nivå med vad som i genomsnitt har erhållits vid tallstickning i Ekebo den senaste tioårsperioden var försöksled 5, sensommarstickning i Ekebos torvblandning för tallstickning. Alla övriga försökled uppvisar en överlevnad som bara var knappt hälften av försöksled 5 eller ännu lägre.

De levande sticklingarna uppvisade också en signifikant högre planthöjd för försöksled 5 än för de övriga försökleden som sinsemellan inte skilde sig åt.

Någon tydlig skillnad mellan de två stickningstidpunkterna går inte att utläsa.

## Rotutveckling

Rotutvecklingen hos plantorna visas i figur 2. Det var ingen tydlig skillnad i rotutveckling mellan de sticklingar som stacks i Growfoam (FLed 1–4) och de som stacks i torv (FLed 5–6). Förhållandet mellan rot och ovanjordsdel, rot-skott-kvoten, förefaller vara lägre för de plantor som stuckits i Growfoam, men det beror främst på att dessa plantor är mindre än de som stuckits i torv.



Figur 2. Foton på de stickprov av plantor med frilagda rotsystem från de olika försöksleden. För varje försöksled har den högsta, en medelhög och den lägsta plantan bland de med full vitalitet (Vit 3) tagits med.

## Slutsatser

Baserat på resultaten i detta försök kan följande slutsatser dras:

- Försökets bästa försökled var stickning på sensommaren i Ekebos torvblandning för tallstickning. Detta försökled gav högst tillslag samt bäst vitalitet och höjd på sticklingarna.
- Growfoam gav inte högre rotning och vitalare sticklingsplantor än om sticklingarna rotades i Ekebos standardtorvblandning för tallstickning.

## RotUtv\_Temp

Den planerade rotningstemperaturen överskreds för alla de tre bord där temperatur registrerades. Det innebär att de testade rotningstemperaturerna blev mellan 1,7 och 4,5 °C högre än de planerade.

Substrattemperaturen hade en tydlig påverkan på sticklingarnas rotning, med högre andel rotade sticklingar, högre rotningsklass och längre längsta rotlängd ju högre substrattemperaturen var (Tabell 15).

Tabell 15. Registrerad substrattemperatur (°C), procent rotade sticklingar, medelvärde för rotningsklass samt medellängd på längsta rot (cm) för de olika försöksleden/substrattemperaturerna. Försöksled med signifikant ( $p < 0,05$ ) skilda värden följs av olika bokstäver. För rotningsklass är medelvärdena otransformerade medan signifikanstesterna utfördes på transformerade värden.

| Planerad Temp °C | Registrerad Temp °C | Procent rotade | Rotningsklass | Rotlängd (cm) |
|------------------|---------------------|----------------|---------------|---------------|
| 16               | 17,7                | 18,9 a         | 0,82 a        | 2,9 a         |
| 19               |                     | 32,0 b         | 1,22 b        | 4,2 b         |
| 22               | 26,5                | 39,3 bc        | 1,39 b        | 5,4 bc        |
| 25               |                     | 45,1 cd        | 1,50 bc       | 5,2 bc        |
| 28               | 31,1                | 55,3 d         | 1,86 c        | 6,0 c         |

De olika testmaterialen uppvisade en tydlig ålderstrend med sämre resultat för alla mätvariabler ju äldre moderplantorna var (Tabell 16).

Tabell 16. Registrerad substrattemperatur (°C), procent rotade sticklingar, medelvärde för rotningsklass samt medellängd på längsta rot (cm) för de olika testmaterialen. Testmaterial med signifikant ( $p < 0,05$ ) skilda värden följs av olika bokstäver. För rotningsklass är medelvärdena otransformerade medan signifikanstesterna utfördes på transformerade värden.

| Test-material | Ålder (år) moderplantor | Procent rotade | Rotningsklass | Rotlängd (cm) |
|---------------|-------------------------|----------------|---------------|---------------|
| P16           | 3                       | 24,8 a         | 1,00 a        | 3,9 a         |
| A17           | 2                       | 33,6 ab        | 1,32 ab       | 5,3 bc        |
| P17           | 2                       | 41,1 bc        | 1,38 b        | 4,4 ab        |
| P18           | 1                       | 53,1 c         | 1,73 c        | 5,4 c         |

Försöket visar tydligt att den standardtemperatur som hittills använts vid stickning av tall, 22 °C, är för låg. Resultatet för mätvariabler förbättras ju högre substrattemperaturen är upp till den högsta testade som var planerad till 28 °C, men uppmättes till cirka 31 °C i medeltal.

Rekommendationen baserat på detta försök är att höja substrattemperaturen till en måltemperatur omkring 28–30 °C vid rotning av tallsticklingar då stickningen utförs som vinterstickning. Om ännu högre temperatur ytterligare förbättrar rotningen och sticklingarnas utveckling bör undersökas i nya försök. Försök med substrattemperatur vid sensommarstickning bör också göras.

## RotUtv\_rH

Den planerade luftfuktigheten hölls bra i försöksleden, förutom i FLed 4 med ett rH-mål på 90 procent, vilken var svår att upprätthålla, ( ).

Luftfuktigheten hade en tydlig påverkan på sticklingarnas rotning, med högst andel rotade sticklingar, högre rotningsklass och längre längsta rotlängd för försöksleden med 50 och 70 procent rH och signifikant lägre för försöksleden med målet 30 respektive 90 procent rH (Tabell 17).

Tabell 17. Registrerad relativ luftfuktighet, rH (%), procent rotade sticklingar, medelvärde för rotningsklass samt medellängd på längsta rot (cm) för de olika försöksleden. Försöksled med signifikant ( $p < 0,05$ ) skilda värden följs av olika bokstäver. För rotningsklass är medelvärdena otransformerade medan signifikanstesterna utfördes på transformerade värden.

| FLed | Planerad<br>Luftfuktighet<br>% | Registrerad<br>Luftfuktighet<br>% | Procent<br>rotade | Rotnings-<br>klass | Rotlängd<br>(cm) |
|------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| 1    | 30                             | 34                                | 26,0 a            | 0,94 a             | --               |
| 2    | 50                             | 48                                | 41,7 a            | 1,40 a             | 4,5 a            |
| 3    | 70                             | 71                                | 44,6 a            | 1,50 a             | 5,1 a            |
| 4    | 90                             | 80                                | 7,4 b             | 0,41 b             | 2,4 b            |

De olika testmaterialen uppvisade en tydlig ålderstrend med sämre resultat för alla mätvariabler ju äldre moderplantorna var (Tabell 18).

Tabell 18. Procent rotade sticklingar, medelvärde för rotningsklass samt medellängd på längsta rot (cm) för de olika testmaterialen. Testmaterial med signifikant ( $p < 0,05$ ) skilda värden följs av olika bokstäver. För rotningsklass är medelvärdena otransformerade medan signifikanstesterna utfördes på transformerade värden.

| Test-<br>material | Ålder (år)<br>Moderplantor | Procent<br>rotade | Rotnings-<br>klass | Rotlängd<br>(cm) |
|-------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| A17               | 3                          | 10,5 a            | 0,40 a             | 2,8 a            |
| P17               | 3                          | 17,7 a            | 0,67 a             | 3,1 a            |
| P18               | 2                          | 29,5 a            | 0,91 a             | 3,7 a            |
| P19               | 1                          | 58,2 b            | 2,09 b             | 6,0 b            |
| L19               | 1                          | 33,6 a            | 1,24 a             | 4,3 a            |

Försöket visar att den luftfuktighet som hittills använts vid stickning av tall, 70 procent, är inom det optimala intervallet. Att använda högre rH riskerar att minska rotningen och detsamma gäller om man går ner till en luftfuktighet under 50 procent.

Rekommendationen baserat på detta försök är att målet för den relativa luftfuktigheten vid rotning av tallsticklingar ska hållas mellan 50–70 procent då stickningen utförs som vinterstickning. Försök med olika rH vid rotning av sticklingar vid sensommarstickning bör också göras.

## RotUtv\_Ljus

Vitt ljus hade statistiskt signifikant lägre procent rotade sticklingar. Det var inte några statistiskt signifikanta skillnader mellan ljuskällorna i rotningsklass eller rotlängd på längsta rot, men rött ljus hade högst andel rotade sticklingar och även högst rotningsklass, medan blått ljus hade längst rötter (Tabell 19).

Tabell 19. Procent rotade sticklingar, medelvärde för rotningsklass samt medellängd på längsta rot (cm) för de olika försöksleden. Försöksled med signifikant ( $p < 0,05$ ) skilda värden följs av olika bokstäver. För rotningsklass är medelvärdena otransformerade medan signifikanstesterna utfördes på transformerade värden.

| FLed | Ljustyp | Procent rotade |   | Rotningsklass |   | Rotlängd (cm) |   |
|------|---------|----------------|---|---------------|---|---------------|---|
| 1    | Blått   | 17,9           | a | 0,57          | a | 4,6           | a |
| 2    | Rött    | 22,0           | a | 0,64          | a | 4,0           | a |
| 3    | Vitt    | 10,7           | b | 0,41          | a | 3,3           | a |

De olika testmaterialen uppvisade inte någon tydlig ålderstrend med sämre resultat för någon av mätvariablerna ju äldre moderplantorna var (Tabell 20). Plantagefröpartiet från Västerhus (V20) var dock betydligt sämre än de övriga.

Tabell 20. Procent rotade sticklingar, medelvärde för rotningsklass samt medellängd på längsta rot (cm) för de olika testmaterialen. Testmaterial med signifikant ( $p < 0,05$ ) skilda värden följs av olika bokstäver. För rotningsklass är medelvärdena otransformerade medan signifikanstesterna utfördes på transformerade värden.

| Test-material | Ålder (år)<br>Moderplantor | Procent rotade |   | Rotningsklass |   | Rotlängd (cm) |   |
|---------------|----------------------------|----------------|---|---------------|---|---------------|---|
| L19           | 2                          | 19,6           | a | 0,73          | a | 4,3           | a |
| P19           | 2                          | 33,8           | b | 1,03          | b | 4,4           | a |
| L20           | 1                          | 11,5           | a | 0,32          | a | 3,4           | a |
| P20           | 1                          | 13,0           | a | 0,44          | a | 4,0           | a |
| V20           | 1                          | 6,6            | a | 0,20          | c | 3,6           | a |

Försöket visar inte på några större effekter av de olika ljuskällorna på rotningsframgången vid stickning av tall. Rött ljus gav högst andel rotade sticklingar och högst rotningsklass och vitt ljus hade lägst andel rotade sticklingar. Detta är i överensstämmelse med resultat för *Picea abies* (gran) där rött ljus har visats gynnsamt för rotbildning (Alallaq m.fl. 2020). Det röda ljuset reducerar mängden jasmonat som i sin tur minskar mängden av vissa cytokininer, och dessa ämnen har påvisad negativ

effekt på rotbildningen. Vårt försöks kvalitet påverkades negativt av att moderplantorna var infekterade av tallsytte, varför det inte går att dra några säkra slutsatser därav. Nya försök där olika ljuskällors effekt på rotningen av tallsticklingar behövs, både för vinter- och sensommarstickning.

## Sammanfattande diskussion

Resultaten från dessa försök ger en vägledning till hur protokoll för stickning av tall bör justeras för att uppnå en högre rotning hos sticklingar av tall. Det finns dock mycket kvar att göra för att ytterligare förbättra rottningsresultatet.

Att tidpunkten för sensommarstickning är viktig framgår klart av de bägge FRAT-försöken. Att den är senare på sommaren än tidigare antagits är bra, då den därmed inte överlappar lika mycket med tiden då personalen vid plantskolorna vill ha semester, även om andra halvan av augusti fortfarande är "semestertid". Det bör dock inte vara oöverstigliga problem att klara av även relativt stora stickningar under denna tid. Resultaten visar också på att det är viktigt att stickningarna inte drar ut på tiden och fortsätter långt in i september.

Att IBA är helt avgörande för att nå ett gott rottningsresultat för tall är tydligt i dessa försök, vilket stämmer med erfarenheterna som återfinns i litteraturen (se till exempel review av Ragonezi m.fl. 2010, Rosier m.fl. 2004, Henrique m.fl. 2006, Riov m.fl. 2020). Vad som är optimal koncentration av IBA framgår inte av litteraturen. Vi använder oss av 8000 ppm (8 gram per liter), medan många referenser anger lägre koncentrationer som lämpliga. Försök där dos-effektsambandet för IBA studeras skulle behövas både för sensommar- och vinterstickning, då optimal koncentration inte behöver vara densamma vid bägge tillfällena. Det finns också andra rottningshormoner som skulle kunna kombineras med IBA, främst då NAA (Naphthalene acetic acid), och ge en ytterligare ökad rotning.

Förhoppningarna på positiv effekt på rotningen av Kelpak kom helt på skam. Detta visar på att resultat gällande för angiospermer inte alltid kan överföras på gymnospermer. Detta faktum får dock inte göra att vi låter bli att ta del av och testa intressanta uppslag som visar sig ha positiv effekt på angiospermer.

Rotningssubstratets betydelse för rottningsresultatet är påtagligt. Odlingspluggar av Growfoam verkar dock inte vara gynnsamma för rotbildningen. Vi bör ändå fortsätta att testa och leta efter substrat och tillsatsämnen som kan gynna rotbildningen, till exempel kokosfiber och aktivt kol.

Temperaturen i rotningssubstratet ska vara högre än vad som tidigare använts. Dessa försök fann inte något optimum, då den högsta testade temperaturen, mål 28 °C och uppmätt 31 °C, gav det bästa rottningsresultatet. Strömquist (1979) anger att temperaturen under rotningen ska vara hög, men betonar att det är viktigt med en dygnsvariation, så att det är varmt under dagtid och att temperaturen sänks nattetid. Detta gjordes inte i det här redovisade försöket. Fortsatta studier av rotningstemperatur och dygnsvariation i rotningssubstratet under rottningsfasen behövs.

Växter är beroende av ljus, och mängden ljus och dess spektra har stor inverkan på hur växter utvecklas. Ljusets betydelse vid rotning av tallsticklingar behöver undersökas mer. Detta gäller effekten av tillskottsljus och dess ljusmängd samt spektra och dygnsrytm under odlingen av moderplantorna och under rotningen av sticklingarna. Detta gäller

både vid sensommar- och vinterstickning då både behovet och effekten kan vara olika vid dessa tidpunkter.

Mer FoU kring vinterstickning behöver göras i Ekebo. Resultat från Sävar är inte direkt överförbara till Ekebo, då omgivningsförhållandena, till exempel temperaturklimat och dagslängd är väldigt olika. Det är också olika material som odlas. I Ekebo är allt material som odlas mer eller mindre långt sydflyttat, medan Sävar är mer centralt lokaliserat i det område som det material som hanteras där kommer ifrån.

Hormonanalyserna av sticklingarna i FRAT-försöket 2020 antyder att det är positivt om sticklingsriset har ett högt IAA-innehåll. Växter med högt IAA-innehåll är friska och vitala. Odlingsregimer för moderplantor bör alltså optimeras så att moderplantorna har en god fysiologisk status vid risklippningen.

I dessa försök har inte effekten av förhöjd halt av CO<sub>2</sub> i luften undersökts. Det är känt att en ökad koldioxidhalt ökar tillväxten hos plantor. Hur rotningen av sticklingar av tall påverkas om moderplantorna odlas med förhöjd CO<sub>2</sub> och/eller sticklingarna har förhöjd CO<sub>2</sub> under rotningen bör undersökas.

Det försök där ljusets inverkan under rotningen undersöktes hade problem med störningar av moderplantsmaterialet och därmed sticklingarna, vilket gör att det inte går att dra några säkra slutsatser från det. Att kvaliteten på ljuset under rotningsfasen kan ha effekt är dock mycket troligt, och att rött ljus är gynnsamt för rotbildningen hos tall, då det är det hos gran (Alallaq m.fl. 2020). Nya försök där ljusets betydelse undersöks behövs både vid sensommar- och vinterstickning.

## Referenser

- Alallaq S, Ranjan A, Brunoni F, Novák O, Lakehal A and Bellini C. 2020. Red Light Controls Adventitious Root Regeneration by Modulating Hormone Homeostasis in *Picea abies* Seedlings. *Front. Plant Sci.* 11:586140. doi: 10.3389/fpls.2020.586140
- Bellini C, Pacurar DI, Perrone I. 2014. Adventitious roots and lateral roots: similarities and differences. *Annu Rev Plant Biol.* 65:639-66.
- Boeijink D. E. & Broekhuizen J. T. 1974. Rooting of *Pinus sylvestris* under mist. *N. Z. J. For. Sci.* 4: 127-132.
- Dormling I. & Lundkvist K. 1983. Vad bestämmer skogsplantors tillväxt och hårdighet i plantskolan. Skogsfakta nr 8, Biologi och skogsskötsel, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Gianola, D. & Norton, H.W. 1981. Scaling Threshold Characters, *Genetics*, 99(2): 357-364. <https://doi.org/10.1093/genetics/99.2.357>
- Hansen J. & Ernstsen A. 1982. Seasonal changes in adventitious root formation in hypocotyl cuttings of *Pinus sylvestris*: Influence of photoperiod during stock plant growth and of indolebutyric acid treatment of cuttings. *Physiol. Plant.* 54: 99-106.
- Henrique, A., Nogueira, E., Campinhos, N., Ono, E.O. & Zambekko de Pinho, S. 2006. Effect of Plant Growth Regulators in the Rooting of *Pinus* Cuttings. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49(2): 189-196.

- Högberg K-A. 2005. Rooting response of late summer cuttings taken from *Pinus sylvestris* half-sib families. *Scand. J. For. Res.* 20: 313–317.
- Högberg K-A, Aronen T, Hajek J, Gailis A, Stenvall N, Zarina I & Teivonen S. 2010. Practical testing of Scots pine cutting propagation– a joint Metla-Skogforsk-Silava project. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 198.  
<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp198.htm>
- Jones N B & van Staden J. 1997. The effect of a seaweed application on the rooting of pine cuttings. *S. Afr. J. Bot.* 63:141–145.
- Mølmann, J.A., Junttila, O., Johnsen, Ø. & Olsen, J.E. 2006. Effect of far-red and blue light in maintaining growth in latitudinal populations of Norway spruce (*Picea abies*). *Plant, Cell and Environment* 29, 166–172.
- Riov, J., Fox, H., Attias, R., Shaklar, G., Farkash-Haim, L., Sitbon, R., Moshe, Y. Abu-Abied, M. Sadot, E. & David-Schwartz, R. 2020. Improved method for vegetative propagation of mature *Pinus halepensis* and its hybrids by cuttings. *Israel Journal of Plant Sciences*. <http://dx.doi.org/10.1163/22238980-20191118>.
- Rosier, C.L., Frampton, J. Goldfarb, B., Wise, F.C. & Blazich, F. 2004. Growth Stage, Auxin Type, and Concentration Influence Rooting of Virginia Pine Stem Cuttings. *HortScience* 39(6): 1392–1396.
- Rosvall, O. 2011. Review of the Swedish tree breeding programme. Editor: Ola Rosvall. Skogforsk. 83 sidor.
- Rosvall, O., Lindgren, D. & Mullin, T.J. 1998. Sustainability robustness and efficiency of a multi-generation breeding strategy based on within-family clonal selection. *Silvae Genetica*: 47(5-6), 307–321.
- Strömquist L.-H. 1979. Some aspects on rooting of *Pinus sylvestris* (L.) cuttings. Doktorsavhandling. Umeå Universitet, Umeå.