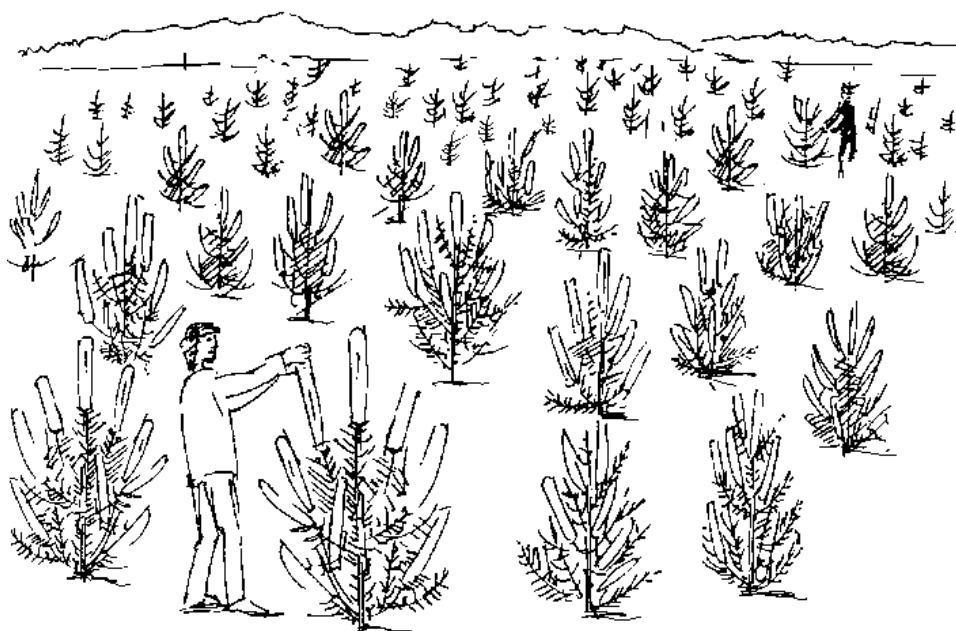


Massförökning av förädlat material på Nya Zeeland och i Australien – intryck från en studieresa i februari 1993

Urban Eriksson



SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolagen, skogsägareföreningarna, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd. Forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samat Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien *Arbetsrapporter* dokumenterar långliggande försök, inventeringar, studier m.m., distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie.

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Förord

I projektet ”Kontrollerad fröproduktion i växthusplantager” vid SkogForsk ingick som en viktig del att sammanställa kunskaper från omvärlden. I flera andra länder, framför allt USA, Canada, Nya Zeeland och Australien, har olika metoder för intensiv massförökning utvecklats och anpassats till praktisk tillämpning. Exempel på sådana metoder är vävnadskulturförökning (somatisk embryogenes, adventivskottmetoden), växthusplantager och häckplantager.

I projektet, som i sin helhet finansierats av Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsfond, genomförde undertecknad och Lars Wilhelmsson en studieresa till Australien och Nya Zeeland under februari–mars 1993. Intrycken och erfarenheterna från resan har använts i ett flertal olika sammanhang i SkogForsks publicering. I denna Arbetsrapport har reseanteckningarna sammanställts. Dessa gör inte anspråk på att ge en heltäckande bild av förökning och förädling på Nya Zeeland och Australien. Det är dock en förhoppning att rapporten kan vara till nytta för andra som planerar resor till området, liksom de som arbetar med metodernas utveckling i Sverige.

Under en del av resan deltog vi i konferens i Canberra, bl.a. med två egna presentationer. Konferensen refereras inte i denna arbetsrapport. För den intresserade hänvisas i stället till ”Proceedings of the 12th meeting of the res. work. group (for. gen.) of the Austr. For. Coun. held at Dep. of For. ANU, Canberra, A.C.T., 15–18 feb. 1993”.

Uppsala den 13 februari 1997

Urban Eriksson

Innehåll

Reseprogram.....	4
New Zealand Forest Research Institute (FRI), Rotorua.....	5
Metoder för kontrollerad pollinering och klonarkiv i form av häckar	5
Pollenhantering.....	5
Plantproduktion	5
Mikroförökning och somatisk embryogenes.....	6
Tasman Forestry Limited, Te Teko.....	7
Vävnadsodling och plantproduktion	8
Framtida utveckling.....	9
Fröplantager.....	9
Företagets skogsskötselprogram.....	10
New Zealand Forest Products, Tokorua.....	10
Förädling.....	11
Förökning	11
Amberley seed orchards, School of Forestry	11
Calgene Pacific, Melbourne	14
APM Forests, Gippsland	15
APPM Forests, Ridgley, Tasmanien	16
ANM Forests, Boyer, Tasmanien.....	16
Queensland Forest Service (QFS), Brisbane, Gympie och Rockhampton...	17
Sticklingförökning med tallhybrider	17
Referenser	18

Reseprogram

Nya Zeeland

- 2/2 1993 New Zealand Forest Research Institute, Rotorua
- 3/2 Tasman Forestry Ltd, Te Teko
- 4/2 New Zealand Forest Products, Tokorua
- 8/2 Amberley seed orchards, School of forestry

Australien

- 9/2 Calgene Pacific, Melbourne
- 9–10/2 APM Forests, Gippsland
- 11/2 APPM, Tasmanien
- 12/2 ANM, Tasmanien
- 15–19/2 The 12th meeting of the research working group (forest genetics) of the Australian Forest Council, Canberra.
- 22–26/2 Queensland Forest Service, Brisbane, Gympie och Rockhampton



New Zealand Forest Research Institute (FRI), Rotorua

Metoder för kontrollerad pollinering och klonarkiv i form av häckar

Mark Miller demonstrerade hur kontrollerade korsningar går till på N. Z. Ymparna i klonarkiven toppbeskärs hårt för att åstadkomma 1,5 m höga ympar med vitt förgrenad krona. Detta leder till att ymparna i raderna växer ihop till något som kan liknas vid häckar. Inför pollineringen skärs sidoskott och sidogrenar bort och blomskottet isoleras med en avlång ballongliknande celluloidcylinder. Under ett normalt dagsverke isoleras 100–200 skott. Vid pollineringen sticks pollinerings-sprutans nål genom cylindern och pollenet appliceras. Pollineringen av en blomställning upprepas omkring 3 ggr under en tvåveckorsperiod. Eftersom radiatan har ett polycykliskt växtsätt kan den ha upp till 3 olika ”blomningsgenerationer” under en blomningsperiod som då kan bli cirka 6 veckor lång. Ibland pollineras blommorna i senare generationer, ibland inte. Efter pollineringen tas cylindern av och grenen etiketteras. Normalt sker befruktningen efter 13 månader och efter ytterligare 13 månader är kotten skördemogen. Kotten efter kontrollerade korsningar skördas redan 20 månader efter pollineringen för att eftermognas i ett utmognadslager. Genom detta påskyndas frömodningen och fröet hinner sås i tid för utplantering nästföljande vinter. Tack vare eftermognadsproceduren vinnas tid i förädlingsarbetet. Ett problem med de kontrollerade korsningarna var höga aborteringsfrekvenser och varierande frösättning. Efter en lyckad korsning kunde mellan 80 och 100 frön skördas per kotte. Normalt innehåller en vindpollinerad radiatakotte 100–120 frön.

Pollenhantering

På nästa punkt diskuterades *pollen management* med Ruth McConnochie. Mycket var gemensamt med föregående punkt beträffande biologi och tekniska frågeställningar. Eftersom förädlingen och därav korsningsarbetet drivs med stor intensitet behövs stora kvantiteter pollen, omkring 80 liter per år. För förädlingsändamål samlas små kvantiteter av många kloner och för massförökning stora kvantiteter av de genetiskt bästa klonerna. Pollenet framklängdes, på traditionellt vis, i ett rum med en temperatur av cirka +25 °C där luften kontinuerligt avfuktades med en ordinär luftavfuktare. Pollenets fukthalt och vitalitet (groningstest) analyserades stickprovsmässigt. Eftersom den befintliga klängningsproceduren ansågs alltför ineffektiv och svår att kontrollera pågick förprojekteringen av ett nytt, modernare, pollenlab. Intresset för vårt svenska system för pollenframställning var därför mycket stort.

Plantproduktion

Plantskolan på FRI demonstrerades av den kunnige plantskoleföreståndaren Trevor Faulds. I plantskolan producerades plantor för såväl avkommepröv-

ning och försök som för kommersiell avsalu. Tack vare den kommersiella produktionen var plantskolan ekonomiskt självförsörjande. Av plantskolans totalproduktionen på 5 miljoner plantor var cirka 20 % s.k. *juvenile cuttings* som utnyttjas för att uppföröka det bästa genetiska materialet från de bästa korsningarna. Frö från kontrollerade korsningar odlas i containrar. Plantorna omskolas till s.k. *stool-beds* där de rot- och toppbeskärs för maximal produktion av sticklingar. Under det första året kan, beroende på odlingsmetod, 4–50 sticklingar produceras från ett frö. Med barrsticklingsteknik, d.v.s. rotning av enskilda barrknippen kan en ”moderplanta” producera upp till 400–500 sticklingar. I normala fall skrotas sticklingshäcken (*stool-bed*) efter fyra år beroende på att åldrandet då på allvar reducerar sticklingarnas företräden. Sticklingar som tas när häcken är fyra år gammal får ett mer ”moget” tillväxtsätt och växer något långsammare än de yngre mer juvenila sticklingarna. Detta utnyttjas genom att ”4-åringarna” utplanteras på de allra bästa jordarna. Tack vare det långsammare växtsättet ökas möjligheten till en god virkeskvalitet även på de bästa jordarna. Sticklingarna tas på vintern och rotas utan hormonbehandling direkt på friland. Efter ett års odling är sticklingarna färdiga för utplantering. För de flesta syften är det lämpligt att sticklingarna är 25–35 cm höga med en rothalsdiameter om 8–10 mm. Sticklingarnas storlek regleras genom rot- och vid behov även med toppbeskäring. Normalt utvecklas omkring 80 % av sticklingarna till utplante-ringsbara plantor av god kvalitet.

Sticklingar producerade i *stool-bed* är dyrare att producera än fröplantor om frökostnaden räknas bort. Frö från det genetiskt allra bästa materialet används som utgångsmaterial vid sticklingproduktionen. För närvarande är fröpriset för de kontrollerade korsningarna av det bästa materialet så pass högt att kostnaden per planta blir lägre för sticklingar jämfört med fröplantor. Enligt beräkningar blir produktionskostnaden för sticklingar och fröplantor likvärdig om fröpriset för kontrollerade korsningar minskas med 30 %. Priset för en *stool-bed cutting* låg 1992 på omkring 77 öre och motsvarande fröplanta på 90 öre (10 000 kr/kg frö, 18 000 grodda frön/kg). Oavsett eventuella merkostnader är sticklingproduktion ett sätt att förmera det mest eftertraktade korsningarna. Tillgången på frö från det genetiskt bästa materialet uppgick 1990 till omkring 10 % av efterfrågan. I ett sjuårigt försök på åkermark visade sig radiatasticklingarna vara stabilare, växtligare och ha bättre stamform än jämförbara fröplantor. Förutom sticklingar och fröplantor av radiatatall odlades ett flertal andra arter i plantskolan bl.a. Eucalyptus.

Mikroförökning och somatisk embryogenes

Catherine Hargreaves demonstrerade verksamheten vid FRIs molekylärbiologiska enhet. Arbetet pågick bl.a. med att

- undersöka utvecklingen och mognaden av somatiska embryon för ekonomiskt viktiga arter som radiatatall, den inhemska arten kauri samt olika eucalyptusarter.
- utveckla och automatisera teknik för vävnadskulturförökning.

- utveckla teknik för långtidslagring av radiatalinjer genom cryopreservering och lågtemperaturlagring.
- utveckla teknik för vävnadskulturförökning av överlägsna äldre radiata-individer.
- studera åldrandeprocessen (försening av åldrandet, tidigareläggning av åldrandet, rejuvenalisering av äldre material).
- studera tillväxt och eventuella eftereffekter hos plantor som framställts genom vävnadskulturförökning och somatisk embryogenes.
- utveckla en in vitro metod för att analysera metabolismen av ämnet *dothistromin* hos radiatatal, för att i förlängningen ta fram en metod för att förbättra resistensen mot *Dothistroma* (needle blight).

Några intressanta resultat var att

- mogna somatiska embryon har utvecklats från embryogen radiatavävnad som lagrats i flytande kväve (cryopreservering).
- screening och analys av aktiva substanser i vanliga frön visade att specifika substanser kan utnyttjas i utvecklingen av artificiella frön.
- i växthusförsök grodde somatiska embryon inkapslade i artificiella frön till 60 %.
- de första plantorna från somatiska radiataembryon visade god tillväxt och normalt tillväxtbeteende i ett pilotförsök intill forskningslaboratoriet.
- observationer i fältförsök av tidigt åldrande hos mikroförökade plantor (från embryogena cotyledoner) antyder att system för vävnadskulturförökning kan påverka plantornas åldrande.
- motsatsen, en partiell rejuvenalisering av plantor från 8 år gamla plantor har noterats.
- på 20-åriga plantor har däremot ingen rejuvenalisering observerats.

Tasman Forestry Limited, Te Teko

I Te Teko 60 km öster om Rotouroa ligger *The centre for advanced forest biotechnologies* som är centrum för företaget Tasman Forestry Ltd förökningsforskning. Vid Te Teko Nursery bedrivs förutom avancerad utveckling av nya förökningsmetoder även en omfattande frö- och plantproduktion. Vid stationen arbetar cirka 45 årsanställda av vilka omkring 35 personer med praktisk mikroförökning och 30-talet säsongsanställda. Ansvarig för forskningsprogrammet och chef vid stationen är John Gleed. Vid vårt besök guidades vi av Beverly Nairn, chef för vävnadskulturlaboratoriet och Christine Te Riini, ansvarig för fröplantagerna.

Vävnadsodling och plantproduktion

Vid stationen bedrivs sedan några år ett operationellt program med vävnadskulturförökning och klontestning av helsyskonfamiljer. Processen har kontinuerligt effektiviserats och anpassats till praktisk drift. Bland annat har tillverkningen av odlingsmedia utvecklats och automatiserats i en anläggning för storskalig produktion. Vävnadskulturförökningen går till så att adventivskott initieras på mogna embryon eller på frilagda cotelydoner från ytsterila frön som grott i cirka sju dagar. Vid skottinitieringen odlas meristemvävnaden, i cirka 21 dagar, på ett speciellt medium som bl.a. innehåller hormonet cytokinin. Temperaturen dagtid är mellan 23° och 27 °C medan nattetemperaturen hålls 5 °C lägre. Efter skottinitieringen på cytokininmediet odlas meristemvävnaden vidare på speciella cytokininfria agarplattor. Under denna fas tillväxer vävnaden och kan delas upp i mindre portioner. Därefter framträder de enskilda adventivskotten och kan separeras för att odlas var för sig. Genom att kapa skottspetsarna i anslutning till bytet av odlingsmedium bildas nya adventivskott på det klippta skottet. På detta sätt kan en klon fyrfaldigas vid varje tillfälle som ”toppklippning” praktiseras. Mellan varje toppklippning måste det gå cirka 12 veckor. Det avklippta skottet behöver inte kasseras utan kan utnyttjas vidare. Adventivskotten lagras i sina odlingsbehållare (välförslutna petriskålar) under en femårsperiod i avvaktan på resultatet från klontesterna. Lagringen sker i -4 °C med 16 timmar dag (konstljus) och 8 timmar natt. Efter cirka 18 månaders lagring byts odlingsmediet i petriskålarna ut.

Innan ett skott har fått den storlek som behövs (min. 6 mm) för att klara påfrestningarna utanför den sterila miljön i petriskålen fodras mellan 4 och 6 byten av odlingsmedia. De ”färdiga” adventivskotten rotades i växthus enligt följande schema:

1. Odling två till tre veckor i växthus i 95 % luftfuktighet vid en temp. av omkring 23 °C. Skotten rotas i odlingskassetter fyllda med en blandning av 50 % torv och 50 % jord (*pumice*).
2. Odling tre veckor i växthus, luftfuktighet 75 %, temperatur omkring 23 °C.
3. Odling i växthus ytterligare 1 till 6 veckor vid lägre temperatur och lägre luftfuktighet för anpassning till frilandsförhållanden.

Beroende på att olika kloner behöver olika behandling kunde odlings-schemat variera något. Det är sannolikt att vissa kloner behöver tillsats av rotningshormonet IBA (Indolättiksyra) innan rotning sker i växthus. Efter rotningsproceduren i växthus planterades plantorna ut på friland. De första sex veckorna skyddades plantorna med skuggväv. Därefter odlades plantorna på friland ytterligare en tid tills plantorna blivit cirka 12 cm höga och färdiga för utplantering. Kostnaden att producera en vävnadskulturförökad planta uppgick till mellan 1,5–2 kronor. Detta är billigare än *field cuttings* men dyrare än *nursery cuttings*.

För praktisk plantering vävnadskulturförökades för närvarande 20 familjer från kontrollerade korsningar av utvalda föräldrar. Den totala produktionen av vävnadskulturförökade plantor uppgick till 2 miljoner. Förutom vävnadsplantorna producerade plantskolan 750 000 ”vanliga” sticklingar och omkring 6 miljoner fröplantor. Blomningsstimulering med GA 4/7 tillämpades. I ett försök där man blomningsstimulerade 6 månader gamla ympar i plantskola 6 månader före utplantering ökades honblomningen i genomsnitt med 466 % året efter behandlingen. Honblomningen ökade i genomsnitt med 119 % i ett annat försök där 18 månader gamla ympar behandlades 6 månader efter utplantering. I båda försöken utfördes behandlingarna i form av sprayning med GA 4/7-lösning av toppknoppar.

Framtida utveckling

Vid *The centre for advanced forest biotechnologies* hade man stora planer inför framtiden. Planerna var att förstärka gruppen med kompetens inom området molekylärbioologi-genteknik. Till en början skulle det nya teamet kartlägga DNA-strukturen hos de kloner som används vävnadskulturförökningen. Genom att relatera och knyta ihop DNA-strukturen med genetiska egenskaper avsåg man att skapa förutsättningar till extremt tidigt urval (2–3 månader efter groningen) för trädform och virkeskvalitet. Med utgångspunkt i DNA-analyserna skulle det nya teamet även utveckla teknik för gentransformering. Aktuella gener/egenskaper man i första hand avsåg att tillföra sitt material var hansterilitet, ligninnehåll, insekt/patogen resistens, förbättrad kvistrensning och virkesdensitet. Samma dag som vi besökte stationen började den först anställde team-medlemmen sitt arbete.

Fröplantager

Från stationen styrdes skötseln av företagets tre producerande fröplantager (totalt ca 110 ha) av radiatatal. De äldre plantagerna producerade i genomsnitt cirka 600 kg frö/år, vilket motsvarar fröbehovet för plantering av omkring 12 000 ha. Den fritt avblommade kotten i de äldre plantagerna skördas från plattformar. Designen i företagets plantager varierade från konventionella randomiserade plantager med 80–120 kloner till s.k. *meadow orchards* med täta förband i klonblock (se nedan). Den plantage vi besökte var en så kallad häckplantage med 3–4 m höga relativt hårt beskurna ympar i klonrader. I plantagen praktiserades artificiell pollinering i form av traditionell torrpollinering av isolerade blomställningar. Dessutom genomfördes försök med och utveckling av oisolerad torrpollinering och *liquid pollination* (vattenpollinering). De nya pollineringsteknikerna kommer i första hand att tillämpas i företagets nya plantager som anläggs på Sydön. Flytten av plantagerna till Sydön beror på att blomningsförutsättningarna, i form av kallare vintrar och hetare somrar, är bättre där än på Nordön. Gödslings och herbicidbehandling av plantagerna tillämpas standardmässigt.

Företagets skogsskötselprogram

Tasman Forestry är det näst största skogsbolaget på N. Z. med en total skogsmarksareal om 210 000 ha. Skogsvårdsprogrammet är inriktat på produktion av kvalitetstimmer av radiata. Massaveden sågs mer som en biprodukt, vilket är förståeligt mot bakgrund av den presenterade prisrelationen 7:1 för timmer: massaved. Den relationen verifierades dock inte av andra bolag som gav massaveden ett högre värde. Tasman Forestrys planterade tidigare cirka 1 200 stammar per ha men har nu gått ner till 800 plantor/ha. Markbehandlingen är mycket intensiv med metoder som bränning, schaktning, rabattläggning samt herbicidbehandling i kombination eller var för sig. I etableringsfasen är gräskonkurrens ett stort problem som åtgärdades med ambitiösa kembehandlingprogram. I undantagsfall, när plantorna nått över beteshöjd, praktiserades en form av agroforestry med bete i planteringarna. Agroforestry var vanligare hos privatskogsägare. En annan allvarlig skadegörare i planteringar och ungskogar är rostsvampen *Dothistroma pini* som framför allt uppträder vid fuktig väderlek. Svampen behandlas med fungicider. Røjning görs efter tre år och cirka 6 m medelhöjd ner till produktionsförbandet som är 200–300 stammar per hektar. I samband med røjningen görs första stamkvistningen som i sin tur följs av ytterligare minst en stamkvistning som behövs för att nå målet 6,5 m kvistfri rotstock. Prestationen för stamkvistning ligger på 200–250 stammar per dagsverke.

New Zealand Forest Products, Tokorua

Från Rotorua åkte vi till Tokoroa och *Kinleith Forest* för ett besök hos *New Zealand Forest Products Ltd* som ingår i *Carter Holt Harvey*-koncernen. Regionchefen för *Kinleith Forest*, Murray J. McAlonan, redogjorde för företaget och berättade följande om *Kinleith Forests*:

- K F består av totalt 145 000 ha skogsmark av vilka 128 300 ha är produktiv plantageskogsmark.
- Planterad radiata utgör 93 % av den produktiva marken.
- Det finns 7 800 ha planterad Eucalyptus, vilket utgör ca hälften av all planterad Eucalyptus på Nya Zeeland.
- Regionen är ansvarig för virkesförsörjningen till massa- och pappersfabrik i området samt för virkesförsörjningen till lokala sågverk.
- Man exporterar även hela stammar till Japan, Korea och Kina.
- Årlig avverkning är 2,5 miljoner ”gröna” ton tall, 2 miljoner från slutavverkning och 0,5 ton från gallring. Uttaget täcker cirka 75 % av behovet, resten av virket köps in från andra skogsägare.

Företagets skogsskötselprinciper i korthet:

- Intensiv markberedning med schaktning och/eller herbicidbehandling.
- Plantering med cirka 1 100 plantor/ha.

- Efter cirka 5 år: röjning och stamkvistning av 500 stammar till 2 m höjd.
- Efter cirka 10 år: stamkvistning av 350–400 stammar till drygt 5 m höjd.
- Efter 28–35 år slutavverkning.

Förädling

Företagets förädlare Fred Burger om det nationella förädlingssamarbetet och den egna produktionen av förädlad material. Även i N.Z. finns guldägg. En speciell fälttripp förde oss till det fantastiska trädet ”55” planterat 1927, avkommetestat i många olika kombinationer och identifierat som ett riktigt superträd.

Förökning

Peter Carter, ansvarig för utveckling av somatisk embryogenes beskrev den forskningsinsats som nu görs på radiatatal. Man demonstrerade några radiataplantor framtagna med somatisk embryogenes. Plantorna såg ut att utvecklas normalt. Man arbetade målmedvetet för att ta fram lämplig teknik för att framställa somatiska plantor företrädesvis av kloner med hög densitet. I plantskolan producerades radiatasticklingar med *stool-bed* tekniken. Frön från det bästa kontrollerade korsningarna användes som utgångsmaterial. Från ett frö fick man ut 100 sticklingar. Totalt producerades för närvarande 4 miljoner sticklingar per år men man planerade en ökning till 7 miljoner kommande säsong.

Amberley seed orchards, School of Forestry

I Amberley seed orchard area som är belägen i ett förhållandevis varmt och nederbördsfattigt område norr om Christchurch har de flesta av senare tids plantageförsök på Nya Zeeland bedrivits. Utbyggnaden av plantagera påbörjades 1965 och den totala arealen uppgick februari 1993 till 62 ha, varav merparten är avsedd för praktisk fröproduktion av *Pinus radiata*. Området är indelat i tre huvudområden. Den äldsta befintliga delen anlades 1980 och har skötts som en ordinär fröplantage, med begränsade beskärningsinsatser. En del av ympräden beskars, medan en del gallrades bort för att minska negativ trängselverkan. Etapp två, *The hedge orchard*, har planterats i klonrader och beskurits mer intensivt till häckform, medan den senast utbyggda delen har utformats som tätt planterade lågvuxna ympar (0,5–max 3 m höjd) s.k. *Meadow orchards*. I den ordinära plantagedelen och i häckplantagera tillämpades nästan uteslutande öppen pollinering fram till 1986. Därefter har både kontrollerade korsningar och tillägspollinering prövats. Eftersom kontrollerade korsningar har krävt betydande manuella insatser, framför allt vid isolering och pollinering, har det funnits starka önskemål om att

producera blommor och kottar i lämplig arbetshöjd. Små ympar möjliggör också kort väntetid från plantageanläggning till fröproduktion samt enkel skörd av kott. Detta är bakgrunden till skapandet av *Meadow orchards* som förutsätter kontrollerad eller nästan kontrollerad pollinering.

Vid School of Forestry på sydön har Professor Geoff Sweet och hans forskargrupp av doktorander inkluderande Ross Dickson m.fl. bedrivit en serie intressanta försök med korsningsteknik och blomningsstimulering i framför allt *Meadow orchards*.

Forskningsresultat och praktiska erfarenheter har lett fram till följande skötselprogram i ”*Meadow orchards*” för radiatatal:

- Ympar av det bästa förädlingsmaterialen tillverkas i frilandsplantskola augusti år 0 (vinter).
- Plantering av 3 000 – 5 000 ympar/ha sker i juli år 1. För närvarande tillämpas p.g.a. höga ympkostnader (ca 5 \$NZ/st) ca 3 300 ympar/ha. (Genomsnittlig prestation i frilandsplantskola ligger mellan 100 och 150 ympar/dv). Klonerna hålls samlade i rader/block. Före plantering sprutas vid behov med t.ex. Round Up. Efter plantering sprutas sängarna med Gardoprim. Gibberellin A4/7 appliceras på potentiella blomknoppar genom sprayning. När ymparna blir lite större används staminjektioner (2 mg lösning/ymp).
- Ymparna isoleras med celluloidpåsar och pollineras första gången i juli – augusti år 2 (vinter!). Radiatans fröomognad (blomning till färdigt frö) tar sedan 18–20 månader. Ej gibberellinbehandlade ympar har då producerat i medeltal 1,2 blommor/ymp, medan behandlade ympar har producerat i medeltal 1,8 blommor/ymp. Aborteringsfrekvensen är ca 20 %. En genomsnittlig kotte innehåller ca 100 grobara frön. De ympar/toppskott som inte blommat toppbeskärs i oktober månad eller tidigare. Beskärningen bör av fysiologiska skäl ske ganska snart efter pollineringen.
- Ymparna hanteras sedan på samma sätt fram till mellan år 6 och 8 då de avverkas och ersätts med nya. Under dessa år ger blomningsstimulering en genomsnittlig ökning av antalet honblommor med drygt 100 %. Variationen är stor såväl mellan år som mellan kloner. Några kloner blommar dåligt eller inte alls och påverkas väldigt lite av blomningsstimulering medan toppnoteringen har varit 2000 % ökad honblomning vid gibberellinbehandling.

Erfarenheter från den praktiska driften och en del forskningsresultat leder fram till ungefär följande grova produktionskalkyl (Sweet pers. kommunikation): Från år 4 till 7 producerar 3 300 ympar/ha i genomsnitt drygt 7 kottar/år med ca 100 frön/kotte. Detta ger en produktion av ca 2,4 miljoner frön per ha och år. Upp till ca 5 000 ympar per ha kan siffran inom ramen för avveckling år 7 höjas nästan proportionellt mot ökningen av antalet ympar. Siffrorna kan jämföras med ca 1 miljon frön per ha och år som är genom-

snittet för konventionella svenska tallfröplantager. En annan jämförelse av produktionen hos häckplantager och meadow orchards fås ur följande tabell:

	Häckplantage (500 stammar/ha)	Meadow-orchard (5 000 stammar/ha)
Fröskörd när plantagen är tre år (kg/ha)	0	50
Fröskörd när plantagen är sex år (kg/ha)	16	50
Förväntad plantage- livslängd (år)	15	5

För att klara isolering och pollinering i stor skala arbetar ca 40 personer i plantagen under juli till början av augusti månad.

Undersökningar visar att fysiologin hos frö som producerats i *meadow orchards* inte avviker nämnvärt från fysiologin hos frö som producerats i häckplantager. Tomfröprocenten var dock signifikant lägre i meadow-plantagen. Pollenvitaliteten påverkade fröutbytet per kotte, men inte fröstorlek eller frökvalitet. Fröutbytet efter kontrollerade korsningar i påsar var signifikant lägre än i friavblomning. Frökvaliteten påverkades däremot inte negativt av isoleringen. Trots försök kunde man ännu inte förklara sambandet mellan isoleringspåsar och kollaps av ovulen efter pollengroning och sambandet mellan befruktning och embryoutveckling.

Nyligen publicerades uppseendeväckande resultat från pollinering med pollen i vattensuspension, s.k. *Liquid pollination* (Sweet et al. 1991). En lösning av 3 gr pollen i 100 gr vatten sprutas finfördelat och riktat direkt mot blommorna. Förfarandet antas underlätta införandet av pollenkornen till mikropyllet (ca 6 pollenkorn får plats i ett mikropyll), ett förlopp som hos radiatall annars kräver bildande av en s.k. pollendroppe. Samtidigt som pollensuspensionen eventuellt underlättar pollineringen kan sprayning med tryckluft före eller i samband med appliceringen av pollenlösningen innebära att kontaminerande pollen i viss utsträckning tvättas bort (se Sweet et al. 1991). Störst positiv effekt av tryckluft uppnåddes för behandling före 1–2 pollineringstillfällen per blomma, vid 3 pollineringstillfällen per blomma blev förbättringen genom tryckluftsblåsning ganska marginell. Blåsning och applicering vid två tillfällen gav praktiskt taget lika bra resultat som pollinering tre gånger utan blåsning. Ytterligare arbete inom området pågår och flera frågor om fröbildning m.m. återstår att redovisa. Resultaten är dock mycket lovande. Vid pollinering med färgat pollen återfanns i genomsnitt fler pollenkorn i mikropylerna hos blommor som pollinerats med vattensuspension jämfört med vanlig ”torrpollinering”. Befruktningsresultaten har ännu inte publicerats men Sweet (pers komm.) uppgav att antalet fyllda frön varit något högre vid vattenpollinering än vid konventionell pollinering. Frön efter vattenpollinering var större och hade bättre fröfysiologi än motsvarande ”torrpollinerade” frön. För att ytterligare öka fröutbytet efter vattenpollinering har olika kemiska lösningar testats för att förbättra pollengroning och motverka svampangrepp. En lösning av

honung, GA 4/7 och borsyra ökade pollengröningen in vitro med 14 % och längden på pollenslangarna med 23 % jämfört med kontrollgröning i destillerat vatten.

Befruktningsbiologin är inte identisk för *Pinus sylvestris* och *Pinus radiata*. Tidigare studier (bl.a. Sarvas 1962) har inte påvisat någon förekomst av pollendroppar hos *P. sylvestris*. I stället redovisar Sarvas (1962) negativa effekter av regn i samband med pollinering. Resultaten från radiatall kan därför inte utan vidare överföras till vår tall, men de är så positiva att försök med pollinering i vattensuspension bör genomföras också för *Pinus sylvestris*.

I Amberly-plantagen genomfördes försök att förbättra frövik och frökvalitet genom att behandla växande kottar. Försöksleden utgjordes av: greninjektioner av GA 4/7, strangulering samt direkt applicering på kotten av NPK-mikro vid upprepade tillfällen under tillväxtsäsongen.

Vid Ragiora, inte långt från Amberley, har FRI en försöksstation inkluderande en plantskola, klonarkiv och försöksområden. Totala arealen mark är ca 50 ha. Platschefen Patrick Malne har bl.a. arbetat med mycket lyckad blomningsstimulering, tidsregulering och könsstyrning av *Cypressus macrocarpa*. Fältympning av radiatall, bl.a. avsedda för meadow orchards vid Amberley, visades också upp. Metoderna är mycket lika svensk praxis för tall. Den genomsnittliga kapaciteten i ympning var ungefär 100–150 ympningar per person och dag.

Calgene Pacific, Melbourne

Calgene Pacific är ett bioteknologiskt företag (40 forskare och 10 administrativ personal) som framför allt arbetar med hortikulturella utvecklingsprojekt. Färg- och formförändringar hos rosor (t.ex. blå rosor), nejlikor, Chrysanthemum och petunior är exempel på företagets huvudaktiviteter. *Calgene Pacifics Forest Tree Group*, stiftad genom samarbete mellan flera skogsföretag (APM, AAM, APPM) leds av Steven Chandler. På programmet finns några olika projekt med gentekniska tillämpningar för *Eucalyptus globulus*, *E. regnans* och *E. nitans*. Ett av projekten går ut på att öka rotningförmågan vid vegetativ förökning av *Eucalyptus* (i synnerhet *E. globulus*). Arbetet syftar till att finna gener som kan inducera rotning respektive förbättra rotformeringen. Överföring av gener ska göras med hjälp av *Agrobacterium* eller delar av *Agrobacterium*-celler som inte kan fungera självständigt. Hittills har inga banbrytande resultat framkommit. Eftersom rottningsbenägenhet och rotformation sannolikt styrs av ett flertal gener kan man anta att detta arbete är mycket svårt. Om gentransfereringar används för att förbättra rottningsbenägenheten måste de framställda s.k. transgena plantorna av legala skäl göras sterila. Därför arbetar gruppen också med att på genetisk väg åstadkomma sterilitet. Eftersom sterilitet kanske kan skapas genom störningar i ett system är det troligen lättare att klara denna uppgift än att med genteknik skapa ökad rottningsbenägenhet. Lyckad mikroförök-

ning av Eucalyptus med hjälp av vävnadskulturer kan i dag ge kostnader av 1–1,2 \$AUS per planta, medan sticklingar kan kosta upp mot 15–20 gånger så mycket.

APM Forests, Gippsland

APM Forests är ett skogsföretag som verkar i södra Australien. Vid Maryvale 16 mil nordost om Melbourne finns företagets huvudkontor, industri och skogsavdelning. Här arbetar bl.a. John Cameron, Steven Wentworth och Phil Whiteman.

Vi besökte en plantage vars utseende gav indikationer om betydligt extensivare hantering jämfört med motsvarande på Nya Zeeland. Plantagen var 15–20 år gammal och bestod av klonrader med bland annat N. Z.kloner. Kontrollerad pollinering praktiserades. Plantagen var beskuren för att underlätta korsning och kottplockning. Kor betade i plantagen och gödsling praktiseras som skötselmetod. Försök gjordes med blomningsstimulering för att ta fram en optimal behandlingsstrategi. Fyra olika frågeställningar ingick:

- Appliceringsteknik.
- Mängd att applicera.
- Timing.
- Kloneffekten.

Målsättningen var att ta fram metoder för att producera 4 000 frö på 10 rameter. Nuvarande produktion 40 frön/kotte i kontrollerade korsningar.

Fritt avblommat frö användes inte till sticklingar. Man hade problem med åldrande i *stool-beds*, främst genom ett annorlunda rotsystem. Plantskoleföreståndaren föredrog därför fröplantor.

Cirka 1,5 miljon radiataplantor producerades varav 1 miljon var sticklingar. På grund av lågkonjunktur gick dessa troligen inte att avyttra. Företaget hade beslutat att inte plantera någonting under 1993.

Eucalyptusplantor odlades som täckrotsplantor. Fröna bredsåddes och pricklades (flyttades till odlingsbehållarna efter groning). Man planerade att gå över till direktsådd. Plantorna odlades i 4–5 månader och utplanterades i maj 25 cm höga. Produktionen var på 2 miljoner plantor.

De arter som användes var:

- *Eucalyptus globulus* (blue gum) utgör 95 % av all planterad Eucalyptus. Arten har bästa fiberegenskaper för papperstillverkning. Odlas på torra marker. Omloppstid 20 år.
- *Eucalyptus nitans* (shining gum) odlas på medelfuktiga marker.
- *Eucalyptus regnans* (mountain ash) odlas på våta marker.

APPM Forests, Ridgley, Tasmanien

APPM Forests är ett skogsföretag som verkar på norra Tasmanien. Vi besökte Ridgley, där vi togs emot av Dr. D.W. de Little (platschef), W.H. Tibbits (ansvarig för fröplantager och plantodling) samt Chrise Beedle (fysiolog). Företaget förfogade ursprungligen över 120 000 hektar bränd och självföryngrad skog som man hade avverkningsrätten på. Nu är 25 000 hektar planterat med *Eucalyptus*. Målet är att ha 80 000 hektar kulturskog.

Den *Eucalyptus*art som är vanligast på Tasmanien är främst *E. nitens*, då klimatet är för kallt för *E. globulus*. Arten har en något sämre papperskvalitet än *E. globulus*. Den trivs bäst på fuktiga marker. *E. regnans* har bättre papperskvalitet. Den trivs bäst på torrare marker men är insektskänslig.

Eucalyptus odlas med 15 års omloppstid. Tillväxten i ett 13 år gammalt bestånd 40 m³/år. Veden används mest för tillverkning av kraftpapper. Före plantering behövs markbehandling med Round-up och antracin. Plantering sker för hand.

Frost är ett problem med *Eucalyptus*. Plantorna screenas för frosthärdighet med konduktivitetmätningar. *Eucalyptus* är svåra att rota som sticklingar.

I fröplantager praktiseras blomstim med Petra Butrazol via staminjektioner eller genom att vattna runt stammen. Pollen utvinns genom vaccumtorkning. För att isolera mot ”vildpollen” anses en 100 m buffertzona räcka. Kontrollerade korsningar framställs genom att blomställningar isoleras med celluloidpåsar.

I företagets plantskola producerades årligen 1 000 mikroförökade plantor, 30 000 sticklingar och 4 miljoner fröplantor.

ANM Forests, Boyer, Tasmanien

ANM Forests verkar på södra Tasmanien. I Boyer finns ett tidningspappersbruk som tillverkar mekanisk (låg densitet) och kemisk massa (hög densitet). På sikt behöver fabriken årligen 400 000 ton radiata- och 110 000 ton *Eucalyptus*virke. ANM Forests Management ansvarar för virkesförsörjningen genom *Eucalyptus* och radiataodlingar. För närvarande har man 12 000 ha radiataplanteringar, vilket ökar med 1 200 hektar per år. Målet är att nå upp till 18 000 hektar. Tillväxten är i genomsnitt 18 m³sk/hektar × år. För *Eucalyptus* var målet 12 000 hektar, och årligen anläggs 600 hektar med främst *Eucalyptus regnans*.

ANM engagerar sig i ett forskningsprojekt med gentransformering hos *Eucalyptus regnans*. Syftet var att få hansterila och insektsresistenta träd.

Företaget har också en fröplantage med radiata i form av *meadow orchard* med klonrader.

Vid blomningsstimulering på Eucalyptus används Paco Petra Butrazol (PPB), vilket bromsar tillväxten och minskar gibberellinnivån.

Queensland Forest Service (QFS), Brisbane, Gympie och Rockhampton

Vid besöken hos QFS träffade vi bl.a. förädlaren Dr. Gart Nikles och Dr. Russel Haines, ansvarig för massförökningen.

QFS har tre plantskolor i kustregionen. Produktionen på 5 miljoner plantor/år fördelas på 90 % tall och 10 % Hoop pine (*Auracaria cunninghami*). Tallen är till stor del hybrider mellan slash pine (*Pinus eliottii*) och carribean pine (*Pinus caribea*).

Man producerar både sticklingar och fröplantor. Produktionskostnaden är lika för de båda planttyperna, då hybridfröet är dyrt (1 800 \$AUS/kg). En stickling kostar ca 1,50 kronor.

Sticklingförökning med tallhybrider

En modell för sticklingproduktionen var: Plantering i en *stool-bed* av 25 000 fröplantor från sex polycrossfamiljer (där *P. eliottii* var moder och *P. caribea* var pollenkälla). Under en treårig omloppstid producerar en *stool-bed-planta* ca 200 sticklingar. Den maximala produktionen vid ett skörde-tillfälle är ca 1 miljon plantor. Stool-bed anläggs i 100 m långa och 1 m breda såddbäddar. Planteringsförbandet är ca 40 × 40 cm. Ogräsmattor reducerar behovet av kemisk och manuell ogrärensning. Stool-bed-plantorna toppas vid 15–20 cm höjd för att bevara juveniliteten. Toppningen sker med en speciell maskin. Fyra omgångar per år kan sköras från *P. caribea*. Varje vecka tillsätts gödning och två ggr/vecka vattnas *stool-bed-plantorna*. Genom att odla sticklingar både i containrar och på friland utnyttjar man materialet biologiskt och ekonomiskt optimalt. Dessutom ökar handlingsfriheten.

Skott med diametern större än 2 mm och primärbarr längre än 15 mm klipps i längder om 10 cm och sätts i 4 cm djupa förpreparerade hål. Personalen arbetar från speciella *nursery buggies*. Kvistarna/skotten skärs av med vassa knivar och läggs i plast omslagna med något vått material. Två erfarna arbetare klipper och sätter 500 kvistar per dag.

Efter utplanteringen skyddas kvistarna med skuggväv tills rötterna etablerats ordentligt, vilket brukar ta 12–16 veckor. Under den perioden vattnas rikligt 8–10 ggr/dag under 7 minuter. När väven är borttagen minskas vattningsintensiteten ner till 2–3 ggr/dag. För att få fram bra rötter beskärs sticklingarna. Ogräsförekomsten minskas genom standardmässig kemisk behandling.

Frilandssticklingar odlas 7–8 månader innan de är färdiga för plantering i fält.

Containersticklingar odlas i kassetter med 200 cm³ volym, 190 mm längd. Substratet är 50:50 torv: sand och gödsling sker med osmocote. Skuggväv och bevattning dagtid minskar risken för uttorkning. Efter 14 till 16 veckor togs skuggväven bort och bevattningen minskades. Containersticklingar är normalt färdiga efter 6–7 månaders odling, och då ca 20–25 cm långa.

Alla familjer rotade sig bra. Rotningen var i genomsnitt 89 %. Andelen planteringsbara var högre hos containerodlade (86 %) än hos frilandsodlade (74 %).

Två forskningsområden ansågs speciellt viktiga för den fortsatta utvecklingen:

1. Stimulering av juvenilt material på trä i selektionsbar ålder. Avklippning av knopp och hård beskärning på olika höjder i kronorna har testats för att få fram juvenila kvistar hos testa material. Kan fungera på träd som är 4–5 år gamla men inte på träd som är 7–8 år.
2. Bibehållen juvenilitet under perioden av en klontest. Med lämplig skötsel har det gått att behålla juveniliteten i *stool-bed-plantor* i åtminstone 7 år.

Referenser

- Sarvas, R. 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris*. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 53. 198 sid. Helsinki.
- Sweet, G. B., Dickson, R. L. & Litchwork, H. 1991. Controlled pollination without isolation – a new approach to the management of *radiata* pine seed orchard. *Silvæ Genetica* 41 (2):95–99.