

Kontrollerad fröproduktion i växthusplantager

*Lisa Hörnsten, Mats Hannerz, Mats Eriksson,
Urban Eriksson och Curt Almqvist*

Omslag: Mobila plusträdsympar i Brunsberg

Foto: Johan Heurgren

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, 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.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien *Arbetsrapport* dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och 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 (på engelska).

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Förord

I denna arbetsrapport sammanfattas några av de resultat som kommit fram i ett projekt finansierat av Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsfond (SSFf anslag nr 207). Projektet löpte över tiden 1991–1995, med slutrapportering 1996. Projektets syfte var att öka kunskapen om de biologiska, tekniska och ekonomiska förutsättningarna för kontrollerad fröproduktion i växthusplantager.

Vår egen bedömning av det genomförda projektet är att kunskaper och praktiska färdigheter har förbättrats rejält inom området växthusplantager. Ett mycket konkret resultat är att fyra skogsföretag, gemensamt med SkogForsk som projektledare, håller på att etablera en operativ växthusplantage med gran. Ett skogsföretag utvecklar också själv en växthusplantage i syfte att producera hårdigt tallfrö. Som ett hjälpmedel i förädling och kontrollerad fröframställning för skogsplantodling är växthusplantager på stadig fram-marsch även utanför vårt land. I och med det avslutade och nya fortsatta projekt, är SkogForsk en viktig aktör i denna process. Detta manifesteras t.ex. genom att en projektansökan om kontrollerad massförökning lämnats in till EU-kommissionen i mars detta år. SkogForsk koordinerar ansökan, som har 14 partner från 8 deltagarländer.

Uppsala i maj 1997

Författarna

Innehåll

Sammanfattning.....	1
Bakgrund	3
Odling av ympar i stora krukor	5
Bakgrund.....	5
Skötsel av tallympar i stora krukor	5
Granympar i olika krukstorlek.....	6
Modeller för kronbeskärning.....	7
Bakgrund.....	7
Metoder.....	7
Resultat	8
Blomningsstimulering – tall, gran och contorta	9
Bakgrund.....	9
Effekten av gibberellinbehandling (tall).....	9
Metoder	9
Resultat.....	10
Slutsatser och rekommendationer	11
Effekten av gibberellinbehandling (gran).....	12
Effekten av gibberellinbehandling och rotbeskärning (contortatall)	12
Förskjuten blomningstidpunkt.....	13
Bakgrund.....	13
Metoder.....	13
Resultat	13
Växthusklimatets inverkan på pollinering, befruktning och frömognad – tall.....	14
Bakgrund.....	14
Placering i växthus under blomningen.....	15
Metoder	15
Resultat.....	15
Placering i växthus från blomning till slutet av växtsäsongen.....	18
Metoder	18
Resultat.....	18
Placering i växthus under frömognadsåret	19
Produktionspotential och ekonomi.....	20
Referenser	21

Sammanfattning

Resultaten från förädlingen når i dag ut till skogsbruket främst via frö producerat i *konventionella frilandsplantager*, där pollinering sker fritt och okontrollerat. Om andelen plantageeget pollen är låg och bakgrundspollineringen från omgivande bestånd är hög, påverkas självfallet det genetiska värdet på det skördade fröet. Ju högre förädlingsvinster det ingående materialet har, desto större negativ effekt får bakgrundspollineringen. I sydflyttade plantager innebär bakgrundspollen en sänkt hårdighet, vilket är särskilt allvarligt för plantager avsedda för kärva klimatlägen. En annan nackdel med frilandsplantager är att det normalt tar lång tid från etablering tills frö kan skördas i tillräckliga kvantiteter. I en *växthusplantage* kan ympar odlas i krukor och växthuset kan användas för blomningsstimulering och kontrollerad pollinering. En växthusplantage har flera fördelar jämfört med konventionella plantager: fröproduktion vid lägre ympålder, högre fröproduktion i förhållande till ympstorlek, fullständig kontroll över pollenkällan, snabbare omsättning av förädlingsframstegen, säkrare och jämnare fröproduktion samt rationellare skörd av hanblomställningar och kottar. Kostnaden för frö från växthusplantager blir normalt dyrare än konventionellt plantagefrö. Fröet kan dock förmeras vegetativt (åtminstone för gran) som sticklingar.

Vid SkogForsks station i Brunsberg finns sedan mitten av 1980-talet en anläggning för studier av fröproduktion i isoleringshus. Ett flertal experiment har utförts under den totalt 10-åriga försöksperioden. I denna rapport redovisas resultat från sex olika delprojekt, som alla ingår i det av SSF finansierade projektet.

Odling av ympar i stora krukor (tall och gran): Erfarenheterna av att gräva upp och odla stora ympar i krukor är goda. Mycket få avgångar har noterats. Recept för bevattning, gödsling, kruksubstrat etc. har successivt utvecklats. Pågående projekt skall belysa betydelsen av krukstorlek för fröproduktion, ympstorlek och hantering.

Modeller för kronbeskrning (tall): Alla former av beskärning minskar hanblomning och kottsättning. Sommarbeskrning reducerade blomningen mest. Med höstbeskrning eller knopplockning kan dock blomningen hållas på en godtagbar nivå, samtidigt som ympens storlek hålls nere. Detta innebär att arealproduktionen av blommor i en beskuren växthusplantage trots allt kan vara högre, även om varje ymp får en lägre produktion efter beskärning.

Blomningsstimulering (tall, gran och contorta): Blomningsstimulering hos tall genom stamvisa injektioner av Gibberellin $A_{4/7}$ leder till ökad honblomning året efter behandling. Lämplig årsdos för stimulering av honblomning är beroende av ymparnas storlek men varierar mellan 60 och 100 mg $GA_{4/7}$ per ymp och säsong. Gibberellinbehandling har också positiv effekt på gran, men resultatet är något mer nyckfullt. Granblomningen påverkas i högre grad än tallen av vädret under knoppdifferentieringen. Gibberellinbehandling av contorta kan leda till barrskador.

Förskjuten blomningstidpunkt (tall): Ett försök genomfördes för att undersöka om blomningstidpunkten kan förskjutas så att de högsta halterna av bakgrundspollen undviks. Tidigarelagd blomning genom värmebehandling gav bättre fröskörd än på friland. Senarelagd blomning genom placering i våtkyl resulterade i mycket få honblommor. I försöket stod dock ymparna kvar något för länge i våtkyl.

Växthusklimatets inverkan på pollinering, befruktning och frömognad (tall): Placering i växthus från perioden mellan påbörjad skottskjutning tills honblomningen avslutats minskade inte antalet honblommor. Ympar som pollineras i växthus och där den fortsatta fröutvecklingen sker utomhus, har likvärdig aborteringsfrekvens av kottanlag som ympar som är placerade utomhus även under pollinering. Frö som befruktats i växthus och där den fortsatta fröutvecklingen sker utomhus, får lika hög eller högre kvalitet (tusenkorntvikt) som frö där befruktning skett utomhus. Frö med högre kvalitet (tusenkorntvikt) kan erhållas genom att ymparna står kvar i växthusen efter pollinering fram tills tillväxtperioden avslutats. En förutsättning är då att höga temperaturer undviks, eftersom dessa ökar aborteringen av kottanlag.

Produktionspotential och ekonomi i växthusplantager: Växthusplantagens små tallympar kan producera lika mycket frö per arealenhet som en högproduktiv frilandsplantage med fullvuxna ympar. Per träd kan fröproduktionen jämföras med en lågproducerande frilandsplantage. Granfrö framställt i växthusplantage beräknas kosta minst 20 öre (1995 års kostnadsnivå), vilket kan jämföras med konventionellt frö som 1991 varierade mellan 2 och 15 öre styck.

Bakgrund

Ett stort antal avkommeförsök av tall och gran har mätts och utvärderats under 1980- och 1990-talen. Resultaten visar att plusträdskorsningarna i de äldre tallplantagerna i medeltal har cirka 10 % bättre höjdtillväxt jämfört med lämpligaste beståndsfröparti. För kvalitetsegenskaperna är skillnaderna mindre men oftast till korsningarnas fördel. Resultaten från de avkommeförsök av gran som hittills är utvärderade visar på något mindre skillnader mellan plusträdskorsningar och bästa förflyttade provenienser. För både gran och tall finns stora skillnader mellan olika föräldrakloner för såväl tillväxt, kvalitet som hårdighet. Dessa skillnader kan utnyttjas bättre genom olika åtgärder vid fröframställningen.

Resultaten från de kontrollerade korsningar som använts i avkommeförsöken kan dock inte utan vidare översättas till verkligt utfall i praktiska fröplantagepartier. Genbidraget från olika kloner varierar på grund av olikheter i blomningstidpunkt och i produktionen av pollen och frön. Andra faktorer som inverkar är graden av självbefruktning och inkorsning av bakgrundspollen. Det sistnämnda är speciellt allvarligt i kraftigt sydförflyttade höglägesplantager, som skall producera hårdigt skogsodlingsmaterial.

Det finns alltså en del problem förknippade med fröproduktion i konventionella plantager, men också en stor outnyttjad potential. Genom ökad kunskap om plantagernas blomningsdynamik och intensivare skötselmetoder, som blomningsstimulering och tilläggspollinering, kan potentialen i de konventionella plantagerna utnyttjas bättre. Även om betydande insatser kan göras för att förbättra situationen i dagens fröplantager, finns det dock begränsningar i möjligheterna att styra och kontrollera fröproduktionen. När skillnaden mellan förädlat och oförädlat material ökar, blir effekterna av bakgrundspollineringen allvarligare. För att förbättra varudeklarationer av skogsodlingsmaterial, kan också kraven på bättre kontroll av andelen avkomor från olika föräldrar komma att öka.

Skall den genetiska vinsten i förädlingsmaterialet utnyttjas maximalt i fröproduktionen, måste nya system för kontrollerad och flexibel fröproduktion utvecklas. Exempel på ett sådant system är olika former av växthusplantager, där ymparna odlas i krukor, och växthus/isoleringshus används för blomningsstimulering och kontrollerad pollinering. Lyckade tillämpningar av fröproduktion i växthus kan innebära flera fördelar jämfört med konventionella utomhusplantager:

- Fröproduktion vid lägre ympåldrar.
- Högre fröproduktion i förhållande till ympstorlek.
- Fullständig faderskapskontroll.
- Snabbare omsättning av förädlingsframstegen, d.v.s. nya bättre kloner kommer snabbt ut i praktisk fröproduktion.

- Ökad flexibilitet i fröproduktionen, d.v.s. genom ökade möjligheter till ”behovsanpassning”. Flexibilitet i fröproduktionen kan komma att krävas, för att möta de ändrade förutsättningar för skogsodling som klimat- och miljöförändringarna kan ge upphov till.
- Säkrare fröproduktion, d.v.s. bättre kontroll av frömodningen, vilket också kan ge bättre och jämnare fröproduktion.
- Rationellare skörd av hanblomställningar och kottar.

Värdefullt frö från kontrollerad fröproduktion kan förmeras med andra förökningsmetoder, som vegetativ bulkförökning med sticklingar eller olika metoder för mikroförökning.

I Förädlingsutredningen (Eriksson, 1996) redovisas uppskattningar och jämförelser av kostnaderna mellan olika fröproduktionssystem. Preliminära uppskattningar visar att kostnaden per matat frö i en växthusplantage bör ligga mellan 20 och 120 öre. Rapporten innehåller uppskattningar av ekonomin för merinsatser i skogsproduktion vid olika förväntade förädlingsvinster. Redan vid 15 % förädlingsvinst och ett reellt förräntningskrav på 3 % visar kalkylerna att det kan vara lönsamt att betala en extrakostnad om minst 80 öre per gran planta i södra Sverige. På de bästa boniteterna kan god lönsamhet uppnås även om extrakostnaden uppgår till över en krona.

I åtskilliga länder pågår utveckling av växthusplantager som ett led i både operativ förädling och för praktisk fröproduktion. I Kanada och USA används växthusplantager bl.a. för att producera frö från arter där fröproduktionen i bestånd är opålitlig, t.ex. *Chamaecyparis* och *Thuja*. Utveckling som nått nära tillämpning sker för t.ex. vitgran, sitka, lärk och douglas. I Europa bedriver ett flertal länder utvecklingsprojekt. Frankrike utnyttjar växthusplantager i förädlingen av douglas och hybridlärk. I Skottland har man kommit långt med framställning av kontrollerade korsningar av sitkagran i växthus, och i Sverige och Finland produceras björkfrö i växthusplantager i stor skala. I Finland har en stor satsning skett på växthusplantager med tall och i Norge har en kommersiell anläggning för gran byggts upp. Den sistnämnda används dock i dag endast till forsknings- och förädlingsändamål.

SkogForsk och dess föregångare Institutet för skogsförbättring bedriver sedan 1985 ett forsknings- och utvecklingsarbete för att ta fram lämpliga metoder för ökad genetisk kontroll vid massproduktion av frö. Verksamheten har bl.a. finansierats av SSFf i projekten ”Styrd pollinering” (anslag nr 125) och ”Styrd pollinering och kontrollerad fröframställning” (anslag 128). En betydande del av verksamheten i de båda projekten har berört området kontrollerad fröproduktion i växthusplantager. Detta har bl.a. resulterat i en försöksanläggning för kontrollerad fröframställning vid Skogsförbättrings station i Brunsberg. I anläggningen finns isoleringshus, mätutrustning, droppbevattningssystem samt över 600 krukodlade ympar av tall, gran och conortatall. Resultaten från de första projekten med kontrollerad fröproduktion på tallympar var mycket lovande. I ett försök där tallymparna var 2 – 2,5 m höga producerades i medeltal 1 200 matade frön/ymp. Produktionen motsvarar 17 kg frö/ha vid förbandet 2 × 2 m. Fröutbytet och fröfysiologin var mycket god.

Det projekt som föreliggande rapport innefattar startade 1991 som en fortsättning på verksamheten. Syftet var att ytterligare öka kunskapen om de biologiska, tekniska och ekonomiska förutsättningarna för kontrollerad fröproduktion i växthusplantager. Projektet avslutades 1996. Verksamheten fortsätter med annan finansiering och delvis annan inriktning. Projektet är indelat i sex olika delprojekt, som alla bygger på studier gjorda i försöksanläggningen i Brunsberg. Som ett sjunde delprojekt gjordes en studieresa till Nya Zeeland och Australien. Resan gjordes med syfte att studera dessa länders framsteg inom området kontrollerad massförökning (Eriksson, 1997).

Odling av ympar i stora krukor

Bakgrund

I en växthusplantage blir både fröproduktion och ekonomi bl.a. beroende av hur väl odlingen av de inkrukade ymparna fungerar. I detta delprojekt studerades:

- Krukstorlekens betydelse. Ympstorlek – krukstorlek, störningskänslighet, hanterbarhet m.m.
- Vinterlagring.
- Gödsling, bevattningsregimer.

Verksamheten inom detta delprojekt utgjordes huvudsakligen av praktiskt gjorda iakttagelser vid genomförandet av de övriga delprojekten. Genom att successivt anpassa och förbättra behandlingen av ympar i olika krukstorlek, växte en erfarenhet fram som ger ett bra underlag för råd om skötsel och handhavande. Ett kontrollerat experiment med tall- och granympar genomfördes för att studera hur ymparnas vitalitet och tillväxt påverkas av olika krukstorlek.

Skötsel av tallympar i stora krukor

För att snabbt få fram odlingsmaterial grävdes tallympar på friland upp i flera omgångar och krukades in i stora krukor (700 liter). Uppgrävningen gjordes på våren när tjälen gått ur marken, men innan skottskjutningen börjat. Substratet i krukorna har bestått av en blandning av sand och låghumifierad torv (ca 50 % vardera), som packats ovanpå ett tunt lager makadam eller singel. För att undvika att rötterna växer ner i jorden under krukorna, bör ett nät eller en odlingsmatta läggas mellan singel och sand/torvblandningen. Det är mycket viktigt att substratet packas väl eftersom det sjunker ihop efterhand. De inkrukade ymparna har droppbevattats och gödslats med långtidsverkande fastgödselmedel. Gödslingsregimen utarbetades efter erfarenheter från odling av ympar i bänkgård. Redan i starten gjordes försök med osmocote i substratet. Osmocoten hade dock en begränsad funktion under kalla, blöta somrar, då näringen frigjordes alltför sent. I dag används i stället NPK-mikro. Normalt görs en övergödning med flytande fullgödsel för skogsplantor efter inkrukningen. Därefter tillsätts fastgödsel. Gödselgivan har varit 20 g N per kruka och tillfälle.

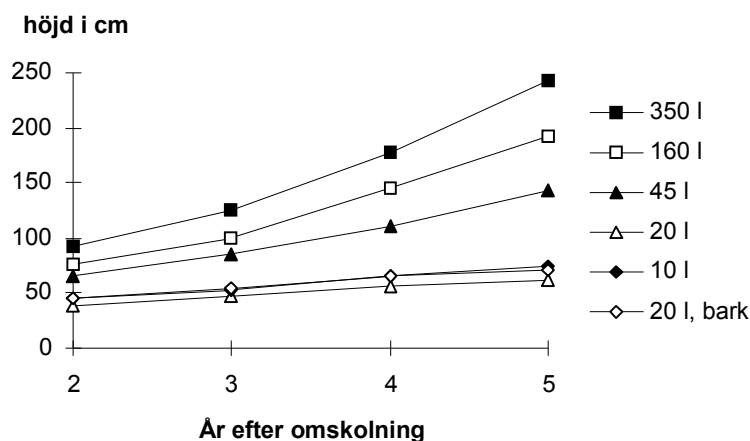
Skötseln har bestått av ogräsrensning i liten omfattning, tillsyn av bevattningssystemet och beskärning av fröträden enligt olika försöksmodeller. Ogräsrensningen har gjorts manuellt. Barktäckning provades med nedslående resultat. Man noterade dels svamptillväxt i barken och dels att ogräsen växte igenom barktäcknet. Vid behov görs behandling med Roundup. Speciellt vid tät vattning kan ogräs som våtarv frodas i krukorna. Vinterförvaring har skett utomhus utan några speciella förberedelser. Trots några vintrar med sträng kyla har inga allvarliga skador observerats på rotsystemen. I de stora krukorna verkar det snarast som om låga vintertemperaturer kan ha en positiv effekt eftersom den kan ge en naturlig rotbeskärning. Sammanfattningsvis är erfarenheterna av odling i krukor mycket positiva. Inga större problem har uppstått med de modeller som har provats och avgångarna av odlingsmaterialet har varit små. De största krukorna (700 liter) är dock troligen den maximala storleken för att de skall kunna hanteras med en normal traktor eller gaffeltruck.

Granympar i olika krukstorlek

År 1991 omskolades granympar till odlingsbehållare med storlek från 10 till 350 liter (tabell 1). Ymparna kom från 6 kloner, med 5 radmeter till vardera försöksled (klonnummer S3291, T2002, T2005, T3018, U1017, U2022). Substratet i krukorna var samma som nämnts ovan, och överst i krukorna lades en knapp decimeter tjockt torvlager. I 20-liters krukorna provades även ett substrat av komposterad bark. Ymparna odlades på likartat sätt men fick en tillsats av gödning (våren 1994) beräknad efter krukvolymen. Den årliga höjdtillväxten, förekomst av hon- och hanblommor samt avvikelser i ymparnas morfologi och kondition registrerades. I alla försöksled användes 1 ymp per kruka. Totalt ingick 30 ympar per krukstorlek. Vid projektets utgång hade ingen blomningsstimulering ännu utförts. Endast ett fåtal spontana blommor noterades. Höjdtillväxten påverkades starkt av krukans storlek (figur 1). Krukstorlekens betydelse för blomning och fröproduktion kommer att studeras med start 1997.

Tabell 1.
Försöksled, gran

Nr	Krukstorlek (l)	Gödselmedel (g N)
1	350	126
2	160	85
3	45	31
4a	20	17
4b	20 (bark)	17
5	10	13



Figur 1.
Granympar odlade i olika krukstorlek. Höjdtutveckling de första fem åren efter inkrukning.

Modeller för kronbeskärning

Försök 10:89-95

Bakgrund

En hög produktion per ytenhet är avgörande för ekonomin i en växthusplantage. Beskärning av ymparna kan vara nödvändig för att formera täta kronor med en hög andel blombärande skott. Beskärning är också nödvändig för att behålla ymparna i en hanterbar storlek. Initialt kan en minskad blomning förväntas, då många potentiellt blombärande grenar skärs bort. Denna förlust kan eventuellt kompenseras med gibberellinbehandling. I en studie jämfördes blomningen efter ett antal modeller för kronbeskärning med obehandlade och gibberellinbehandlade tallympar.

Metoder

Ympar från sju tallkloner (tabell 2) planterades våren 1990 i 350-liters krukor. Antalet rameter per klon varierade mellan 3 och 6 (medel 5). En första beskärning hade utförts året innan på friland. Tre olika beskärningsmodeller samt kombinationer med gibberellinbehandling testades enligt tabell 3. Gibberellin injicerades vid tre tillfällen med en veckas mellanrum under perioden för differentiering av blomanlagen. Vid varje behandlingstillfälle injicerades per ymp 10 µl lösning bestående av 10 mg GA_{4/7} löst i 40 µl etanol. Varje ymp fick då totalt 7,5 mg GA_{4/7}.

Tabell 2.
Tallkloner som ingick i försöket.

S01	S3259	S3256	W1020	W2015	W6015	X4013	X4500
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

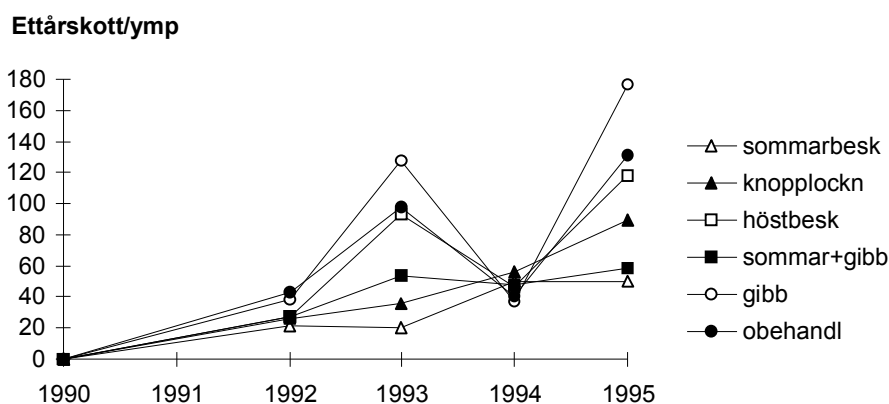
Tabell 3.
Försöksled

Behandling	Behandlingsår
Sommarbeskrning När skotten sträckt till hälften klipptes alla ledande skott av på mitten.	1989 1992 1994
Knopplockning Efter knoppsättningen plockades terminalknoppen bort på ledande skott.	1989 1992 1994
Höstbeskrning Toppskottet beskars vartannat år, övriga ledande skott varje år. Beskrningen gjordes mitt på skottet. Skall efterlikna konventionell plantageskötsel.	toppskott 1989, 1993 förväxande skott 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994
Sommarbeskrning + gibberellinbehandling	beskrning 1989 1992 1994, gibberellin 1992
Ingen beskrning, gibberellinbehandling	1989 1992 1994
Ingen beskrning, ingen gibberellinbehandling -	-

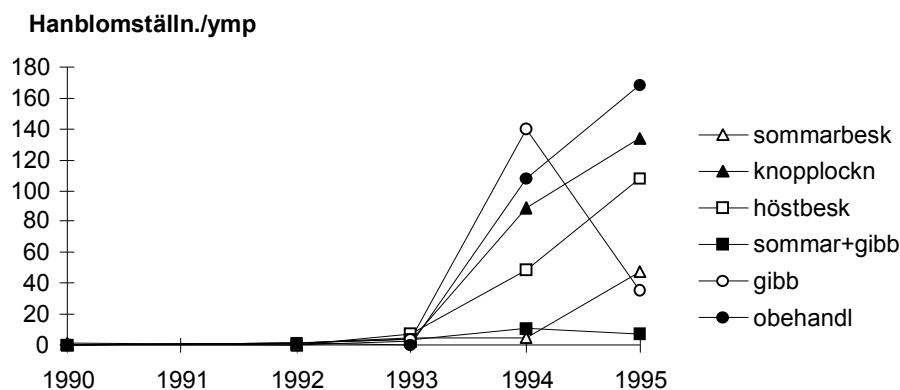
Försöket inventerades höstarna 1990, 1992, 1993, 1994 och 1995. Registreringar gjordes av antal ettårskottar, tvåårskottar, knoppar, skott och hanblommor.

Resultat

Resultaten fyra år efter första blomning visar att alla de studerade beskärningsmodellerna minskade antalet honblommor jämfört med obesuren kontroll. Höstbeskrning av toppskott vartannat år (ledande skott varje år) kan dock vara en möjlighet att begränsa höjdtillväxten och ändå behålla en tillfredsställande mängd honblommor (figur 2). Alla beskärningsmodeller minskade pollenproduktionen (figur 3), men knopplockning och höstbeskrning kan vara lämpliga alternativ för att behålla en tillfredsställande han- och honblomsproduktion.



Figur 2.
Antal ettåriga kottanlag vid olika inventeringsår.



Figur 3.
Antal hanblomställningar vid olika inventeringsår.

Blomningsstimulering – tall, gran och contorta

Bakgrund

I en intensiv fröproduktion bör blomningsstimulering ingå som en naturlig åtgärd. Tänkbara alternativ för praktisk tillämpning vid krukodling är hormonbehandling, värmebehandling, rotbeskärning, partiell strangulering och eventuellt torkstress. En viktig fråga är hur åtgärderna anpassas till ymparnas storlek och tillväxtrytm, t.ex. i fråga om doser och intervall vid gibberellinbehandling. Inom projektet har huvudarbetet inriktats mot uppföljning och vidareutveckling av blomningsstimulering genom hormonbehandling med gibberellin $A_{4/7}$. Studier har även gjorts på effekter av rotbeskärning och värmebehandling.

Effekten av gibberellinbehandling (tall)

Metoder

Ett flertal försök har genomförts för att studera effekten på blomning och frösättning av doser, intervall och injiceringstidpunkt för gibberellinet $GA_{4/7}$ (tabell 4). Årliga totaldosor mellan 10 och 113 mg $GA_{4/7}$ har provats på stora ympar. På små, 1-åriga ympar har 7,5 mg använts. Hormonet har injicerats stamvis under 2–4 tillfällen med start från den senare delen av skottsträckningsperioden. Den gängse metoden för gibberellinbehandling har varit att injicera i 2 nya borrhål vid varje behandling. Borrhålen har i de stora ymparna varit 2 mm i diameter, 0,5–1 cm djupa och placerats ca 1 meter upp på stammen. Borrhålen har täckts med plastfilm eller lackbalsam efter injektionen. Gibberellinet har lösts upp i etanol (normalt 10 mg $GA_{4/7}$ per 40 µl etanol). Alla försök nedan har genomförts på friland.

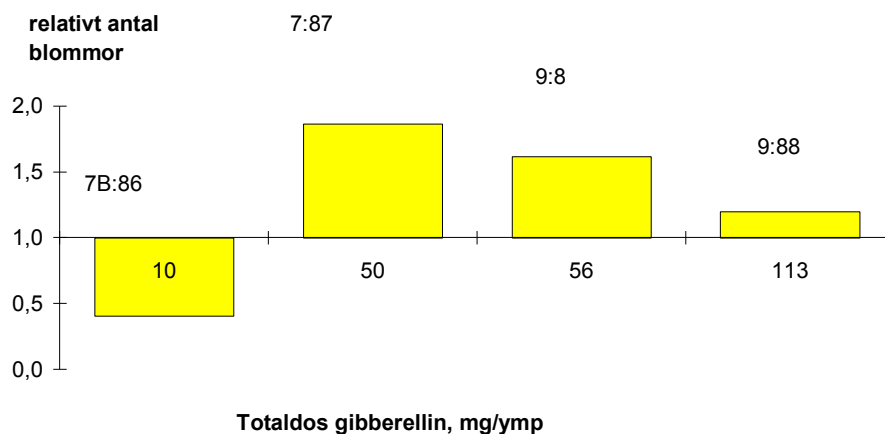
Tabell 4.

Beskrivning av försök med gibberellinbehandling av tallympar. Försöksnumren ger en referens till interna försöksplaner och resultatsammanställningar för varje enskilt försök.

Försök nr:år	Tot. anta ympar	Antal kloner	Beh. år	Tot. dos mg/ymp	Antal beh. tillfällen	Beh. tidpunkt	Frågeställning
7B:86	8	2	1986	10	2	v. 31 o 32	gibb/ej gibb
7:87	25	5	1987	50	4	13/7 20/7 28/7 3/8	gibb/ej gibb
9:88	50	5	1988	113 56	3	5/7 13/7 25/7	gibb/ej gibb hög/låg dos
10:88	12	3	1988	7,5	3	8/7 15/7 22/7	gibb/ej gibb på 1-åriga ympar

Resultat

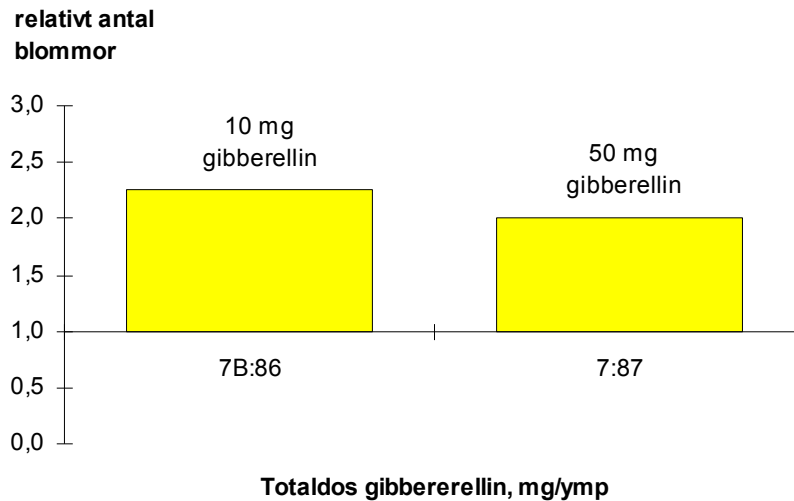
På friland har gibberellinbehandlingen resulterat i en ökning av antalet honblommor, utom vid den lägsta dosen, 10 mg gibberellin (figur 4). Skillnaderna är inte statistiskt säkerställda i något av försöken. I försök 10:88, där ettåriga ympar behandlades, hade de gibberellinbehandlade ymparna i genomsnitt 5 ettårskottar och de obehandlade 1,2 ettårskottar (ej i figuren). Skillnaden var inte signifikant.



Figur 4.

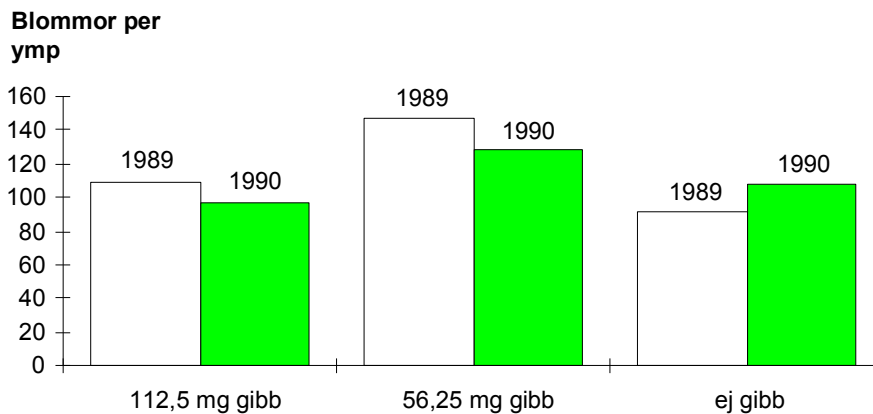
Relativt antal honblommor hos gibberellinbehandlade inkrukade ympar odlade på friland jämfört med obehandlade inkrukade ympar på friland (= 1).

För att isolera ympar från vildpollen kan de placeras i växthus under blomningen. I två försök studerades om isolering i växthus under blomningen påverkades negativt av en kombination med gibberellinbehandling. Resultaten tyder inte på några sådana negativa kombinationseffekter av gibberellin (figur 5.)



Figur 5.
Kombinationseffekter av gibberellinbehandling och isolering i växthus under honblomning. Andelen honblommor hos gibberellinbehandlade inkrukade ympar jämfört med obehandlade ympar (=1).

Studier har gjorts för att utröna om gibberellinbehandling ger eftereffekter, d.v.s. om gibberellinbehandling ger påverkan på blomsättningen under flera år. Försöken ger inte underlag för att sådana eftereffekter skulle ha betydelse, se figur 6.



Figur 6.
Eftereffekter – antal blommor ett respektive två år efter gibberellinbehandling med två olika doser på inkrukade ympar jämfört med obehandlade. Behandlingen utförd 1988.

Slutsatser och rekommendationer

För att öka blomning ges gibberellinbehandling med en lämplig totaldos på mellan 50–100 mg per ymp beroende på ymparnas storlek. Gibberellinbehandlade ympar kan isoleras i växthus under honblomningen utan risker för negativa kombinationseffekter. Gibberellinbehandling ger ej eftereffekter på tall.

Effekten av gibberellinbehandling (gran)

Ett försök har genomförts med blomningsstimulerade gransticklingar i krukor (tabell 5). Sticklingarna grävdes upp från bänkgård i Uppsala våren 1989. Sticklingarna flyttades till plantskolan i Brunsberg där de omskolades för odling i plastcontainrar. Ursprungsplantorna för sticklingarna såddes 1977, och sticklingarna rotades 1980.

Tabell 5.

Beskrivning av försök med gibberellinbehandling av gransticklingar.

Försök nr:år	Tot. antal	Antal kloner	Storlek	Beh. år	Tot. dos mg/stickl	Antal beh. tillfällen	Beh. tidpunkt	Frågeställning
5:90	30	6	2,5 m	1990	15	3	1 v mellanrum	gibb+värme i växthus gibb på friland obeh. friland
3:93	50	10		1993	10	2	”	gibb+värme i växthus obehandl. friland

Resultatet av behandlingen (försök 5:90) var mycket svagt. I försöksledet med gibberellin + värmebehandling i växthus fick två sticklingar honblommor (2 blommor var) och en tredje stickling fick fyra hanblommor. Ingen blomning noterades i de andra försöksleden. I försök 3:93 blev resultatet i genomsnitt 1 honblomma per stickling för både det obehandlade och det blomningsstimulerade försöksledet. Antalet hanblommor var högre hos de obehandlade sticklingarna.

Effekten av gibberellinbehandling och rotbeskärning (contortatall)

Effekten av gibberellin och rotbeskärning har studerats hos ympar av contortatall (tabell 6). Gibberellinbehandlingen utfördes enligt samma metodik som vid behandling av vanlig tall, med en totaldos om 45 mg/ymp. Resultatet blev en signifikant lägre honblomning efter gibberellinbehandling. På en tredjedel av ymparna uppkom skador efter gibberellinbehandlingen (barrfällning). Hanblommorna blev däremot fler efter gibberellinbehandlingen, i genomsnitt 4,4 mot 3 hos kontrollen.

Tabell 6.

Beskrivning av försök med gibberellinbehandling av contortaympar.

Försök nr:år	Tot. antal ympar	Antal kloner	Ymp storlek	Beh. år	Tot. dos mg/ymp	Antal beh. tillfällen	Beh. tidpunkt	Frågeställning
7:90	32	6	(4-åriga)	1990	45	3	v 26 32 34	gibb/ej gibb efter rotbeskärning

Rekommendationen av detta och andra praktiska försök är att stor försiktighet skall iakttas om contortatall skall blomningsstimuleras med gibberellinbehandling.

Förskjuten blomningstidpunkt

Försök 9:88

Bakgrund

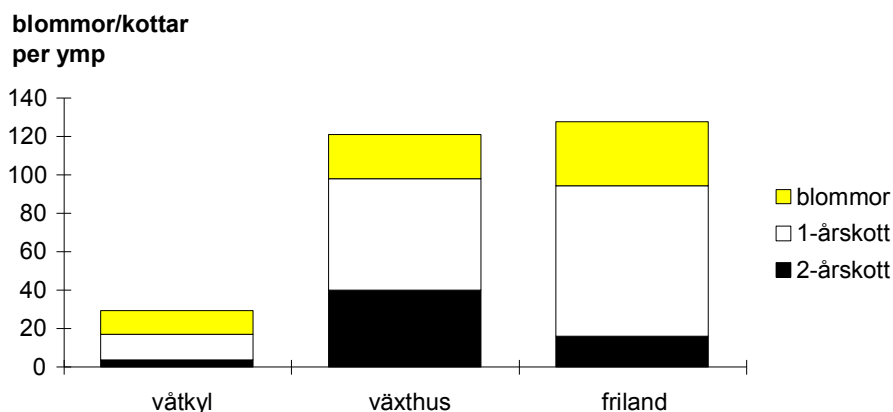
Genom att tidigare- eller senarelägga honblomningen i en plantage minskar risken för inkorsning av vildpollen från omgivningens hanblommor. Sådana förskjutningar av blomningstidpunkterna kan i en växthusplantage även möjliggöra pollinering av flera omgångar fröträäd under samma år. Detta skulle utnyttja växthuset mer effektivt.

Metoder

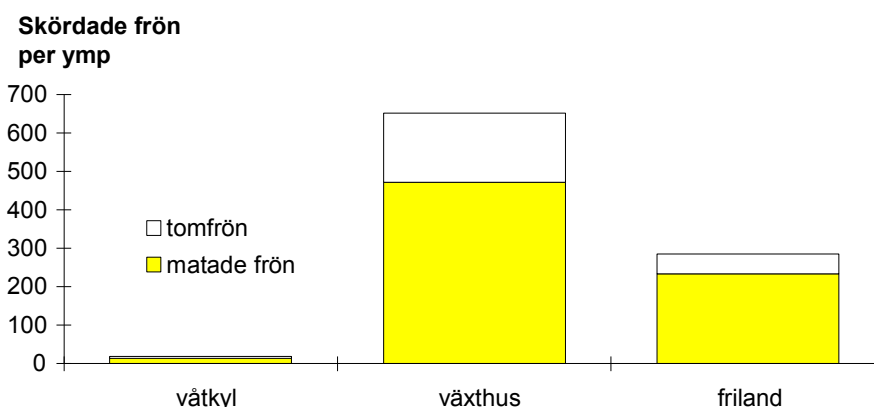
I ett försök med tall jämfördes 1) normal blomning på friland; 2) tidigareläggning av blomning genom värmestillförsel; 3) senareläggning genom kylning. Studien genomfördes under 1989 på vardera tio ympar från fem kloner för varje försökslek. Samtliga ympar var blomningsstimulerade med hög eller låg dos GA_{4/7}. I försöksled 1 stod krukade ympar på friland under hela utvecklingen fram till kottskörd. I försöksled 2 placerades ymparna i uppvärmda växthus den 3 maj. När blomningen avslutats togs plasttaket bort från växthuset. I försöksled 3 placerades ymparna i våtkyl från april. Den 14 juni ställdes ymparna på friland för pollinering. Blomningsfenologin och mängden blommor, kott och frön studerades.

Resultat

Placering i växthus gav inte den tidigareläggning av blomningen som förut-sattes utan de blomnade tvärtom senare än på friland. Blomningen kom igång den 13 maj för frilandsymparna, 18 maj för ymparna i växthus och 14 juni för ympar i våtkyl. Placering av ympar i växthus påverkade inte honblomning negativt och gav högre kott- och fröskörd än på friland (figurerna 7–8). En senareläggning genom placering av ympar i våtkyl resulterade däremot i signifikant färre antal honblommor och endast ett fåtal kottar kunde skördas per ymp. Resultatet hade kunnat vara annorlunda om ymparna tagits ut något tidigare från våtkylen. Försöket ger inte tillräckligt underlag för slutsatser och rekommendationer.



Figur 7. Antalet blommor, 1-årskottar och 2-årskottar på krukade tallympar när blomningstidpunkten reglerats genom placering i våtkyl eller växthus samt när ymparna odlats på friland. Samtliga ympar var gibberellinbehandlade.



Figur 8. Antalet skördade frön och matade frön efter att blomningstidpunkten reglerats genom placering i våtkyl eller växthus samt när ymparna odlats på friland. Samtliga ympar var gibberellinbehandlade.

Växthusklimatets inverkan på pollinering, befruktning och frömognad – tall

Bakgrund

En hög och säker fröproduktion är bl.a. beroende av att pollinering, befruktning och frömognad inte störs av ogynnsamma temperatur- och luftfuktighetsförhållanden. Ympar som placeras i växthus utsätts för ett klimat som är både varmare och fuktigare än normalt, vilket leder till stress. I tre försök har jämförelser gjorts mellan blomning, kottproduktion och frökvalitet när pollinering skett på friland respektive i växthus. Dessutom har effekterna av pollinering i olika klimat jämförts. Det har lett till en grov kartläggning av temperaturens och luftfuktighetens inverkan på fröcykeln hos tall. Kartläggningen har genomförts med hjälp av klimatstyrning till olika temperatur och luftfuk-

tighet i små isoleringsväxthus. I ett försök har placering i växthus under hela sommarsäsongen studerats, både med avseende på abortering av blommor och kottar och på frömnaden under sista året i fröcykeln.

Placering i växthus under blomningen

Metoder

I 3 försök, under 3 på varandra följande år, studerades effekten av att under blomning placera ymparna i ventilerat växthus. Hälften av tallymparna flyttades då in i växthuset strax innan blomningen, och den andra hälften stod kvar på friland. I växthusen plockades samtliga hanblommor bort, och både frilands- och växthusymparna tillägspollinerades manuellt 2–3 gånger per dag under hela den receptiva perioden (3–5 dagar). Efter blomningen flyttades ymparna ut på friland. Antalet honblommor och senare bildade ett- och tvåårskottar registrerades. Dessutom studerades frömängd och frökvalitet. Antalet ympar och kloner var i alla försök litet (tabell 7).

Tabell 7.

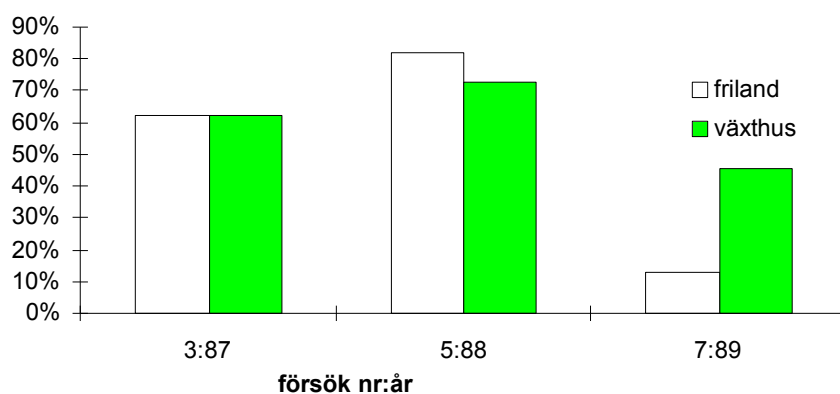
Kloner och antal ympar i försöken med placering i växthus under blomningen

Försök	Kloner	Ympar per klon
3:87	W4013 K5025	4 (varav 2 gibb-behandlade)
5:88	AC3001 AC3033 AC3038 AC4210 AC4421	5 (2 i växthus, 3 utomhus)
7:89	AC3001 AC3033 AC3038 AC4210 AC4421	6 (2 i växthus, 4 utomhus)

Resultat

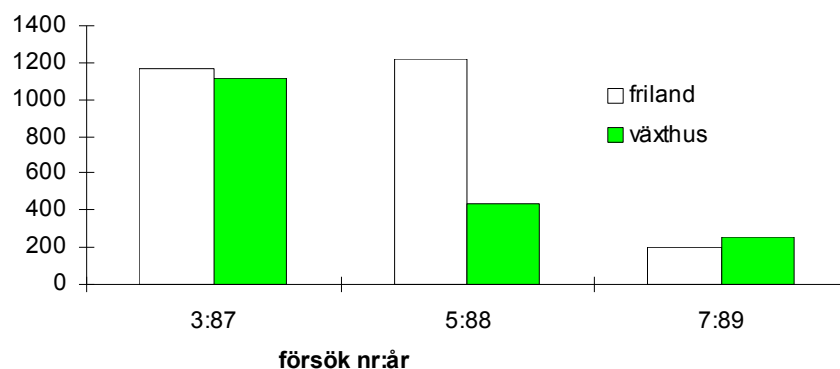
Variationen mellan de olika försöken var stor. Antalet blommor som utvecklats till 1-årskott var dock i stort sett lika på ympar placerade i växthus och på friland under blomningen (figur 9). Antalet matade frön per ymp var större hos frilandsymparna, medan tusenkornsvikten i genomsnitt var högre hos växthusymparna (figurerna 10–11). Kottarna var i genomsnitt något större hos frilandsymparna (figur 12). Både gibberellin- och obehandlade ympar har ingått i försöken.

andel blommor som blivit 1-årskott

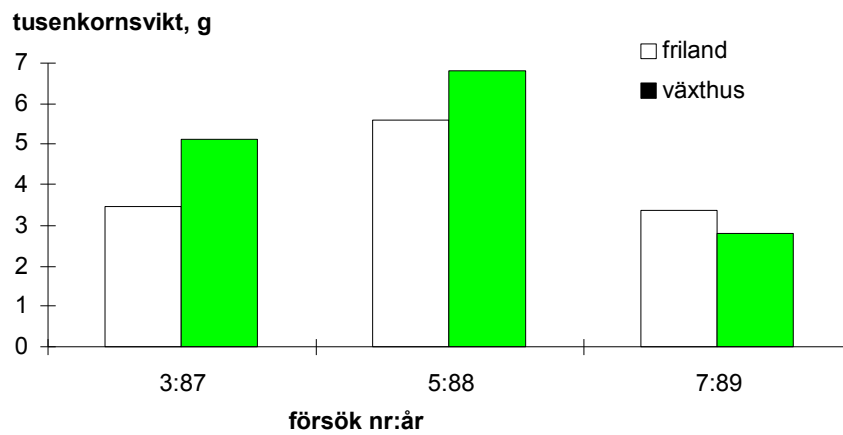


Figur 9.
Effekten på kottbildning av placering i växthus jämfört med när blomning skett på friland. I data från försök 3, 1987 och 5, 1988 ingår både blomningsstimulerade och obehandlade ympar medan data från försök 7, 1989 endast gäller obehandlade ympar.

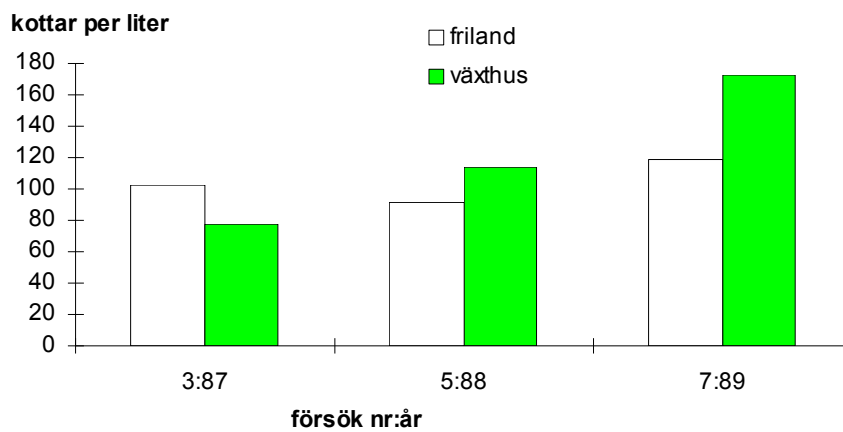
matade frön per ymp



Figur 10.
Effekten på antalet matade frön per ymp av placering i växthus och på friland under blomningen.



Figur 11.
Effekten på frösvikt av placering i växthus eller på friland under blomningen.



Figur 12.
Effekten på kottstorlek (antal kottar per liter) av placering i växthus eller på friland under blomningen.

Placering i växthus från blomning till slutet av växtsäsongen

försök 1:93

Metoder

I ett försök har ympar stått i växthus med olika klimat under ”kottarnas” första utvecklingsår, d.v.s. året då blomningen skedde. Försöket utfördes under 1993 med fem kloner, samma som i försök 5:88 och 7:89 (se föregående avsnitt). De försöksled som ingick framgår av tabell 8. I varje försöksled i växthus ingick 2 ympar per klon och på friland 3–4 ympar per klon. Två växthus användes för varje klimatregim. Samtliga ympar pollinerades omsorgsfullt 1–2 gånger dagligen under honblommornas receptiva period. Klimatet styrdes via en datalogger. I alla försöksled registrerades temperatur och luftfuktighet kontinuerligt.

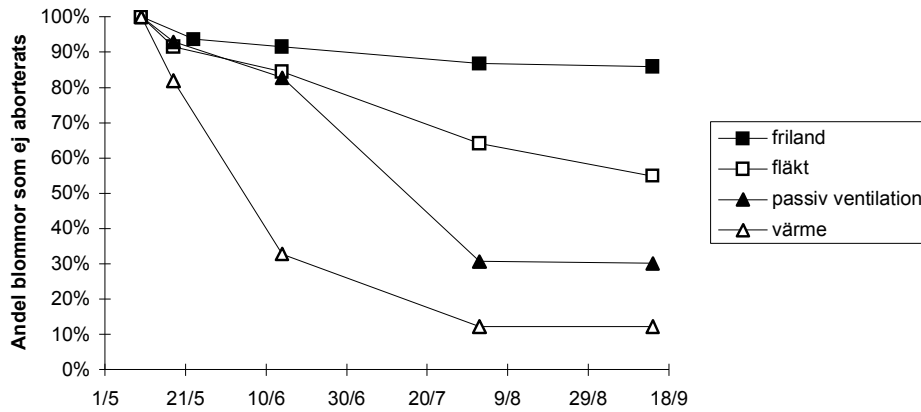
Tabell 8.

Försöksled i försök 1:93

Försöksled	Beskrivning
Värme	Oventilerade växthus. Under dagtid (8.00–20.00) styrdes temperaturen av en värmebläkt, så att den huvudsakligen höll sig mellan +20 °C och +35 °C. Värmebehandlingen pågick från början av maj till 3 augusti.
Fläkt	Genom kontinuerlig ventilation eftersträvades ett jämnt klimat utan extrema värmetoppar. Fläktarna styrdes via datalogger och slogs på och av när temperaturen över- respektive understeg +20 °C. Styrfunktionen var på dygnet om från början av maj till början av september. Förutom fläktarna ventilerades växthusen även passivt genom pollentätade tak- och sidoluckor.
Passiv ventilation	Ventilationen bestod av passiv ventilation genom pollentätade luckor i växthusens väggar och tak.
Friland	Kontrollympar placerade på friland.

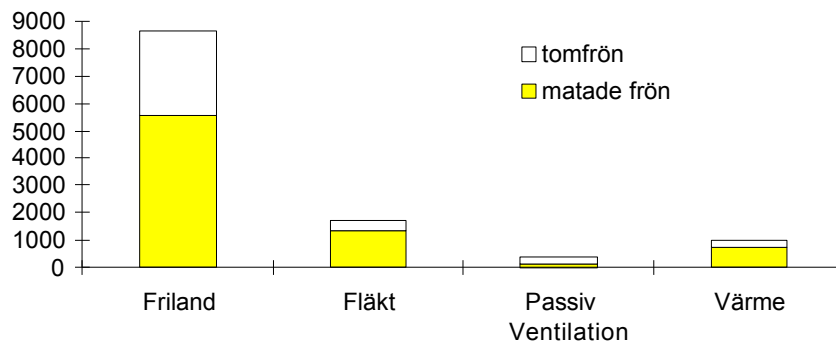
Resultat

Temperaturregistreringarna visade att höga värmetoppar (över 35 °C) inte kunde undvikas vare sig i växthusen med Värme respektive Passiv ventilation. Dessa har troligen haft en avgörande betydelse för aborteringen av honblommor (figur 13). Den lägsta aborteringen var på friland, men de aktivt ventilerade växthusen (fläkt) klarade av att utveckla ettårskottar från 60 % av blommorna. Försöket visade också att den högsta fröproduktionen fanns på friland, men att de fläktventilerade växthusen kunde ge ett fysiologiskt bättre frö med högre tusenkornsvikter (figurerna 14–15).



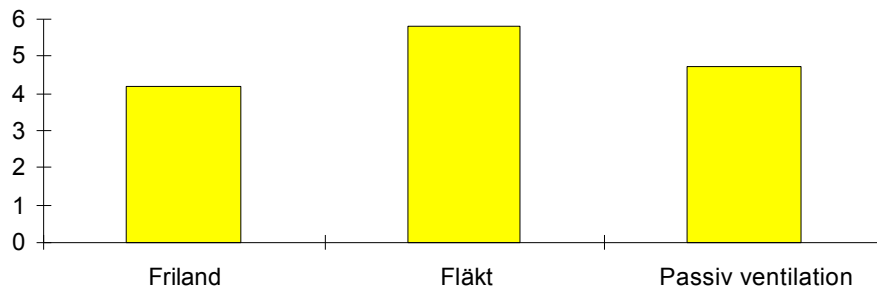
Figur 13. Abortering av kottanlag när ymparna vuxit i olika klimat från blomning till tillväxtavslutning under år ett.

skördade frön per ymp



Figur 14. Skördade fröemängder från ympar som vuxit i olika klimat under blomningsåret.

tusenkorntsvikt, g



Figur 15. Tusenkorntsvikt på frö skördat från ympar som vuxit i olika klimat från blomning till tillväxtavslutning under år ett.

Placering i växthus under frömogsnadsåret

I samma försök som ovan studerades de kottar som befruktades och mognade i växthus, d.v.s. som befanns i växthus med olika klimat under kottarnas andra utvecklingsår. Även under frömogsnadsåret visade sig höga temperaturer och kombinationer av hög temperatur och hög luftfuktighet vara skadliga, vilket resulterade i få matade frön. Flera kloner producerade inga matade frön alls i de uppvärmda växthusen. I övriga växthus, ventilerade och passivt ventilerade, blev tusenkornsvikterna något högre än för det frö som mognat på friland (5,5 resp. 4,9 gram).

Produktionspotential och ekonomi

För att få en överblick av förutsättningarna för anläggning av växthusplantager och peka på behov av forskning och utveckling har en arbetsrapport (Hörnsten, 1995) sammanställts. Den ger en genomgång av befintlig kunskap både avseende tekniska och biologiska aspekter, men även kostnader för växthusplantager med gran. Enligt denna beräknas granfrö framställt i växthusplantage kosta omkring 20 öre (1995-års kostnadsnivå), vilket kan jämföras med konventionellt framställt frö som 1991 beräknades kosta mellan 2 och 15 öre/st (Wilhemsson, 1993). Vissa ingångsdata som är avgörande för den framtida ekonomin, t.ex. fröproduktionen i växthusplantager, är dock osäkra. En halverad fröproduktion fördubblar frökostnaderna. I Förädlingsutredningen (Eriksson, 1996) anges därför ett större intervall för förväntade kostnader (20–120 öre per frö).

För tall har fröproduktionen i växthusplantagen jämförts med i konventionella fröplantager i samma del av landet. Fröproduktionen, hos blomningsstimulerade inkrukade ympar som stått på friland, har i de olika försöken varierat mellan 500 och 1 500 matade frön per ymp. I det försöksled som stått i fläktventilerade växthus, skördades under 1993 i genomsnitt 1 332 matade frön per ymp under hela den tillväxtsång som blomningen ägt rum. Tusenkornsvikten var i genomsnitt 5,8 gram, vilket innebär en produktion på 7,7 gram frö per fröträd. I växthusen stod fröträden tämligen tätt, i 2,2 × 2,2 meters förband (2 000 fröträd/ha). Omräknat till hektar motsvarar medelproduktionen av matade frön 15,5 kg frö/ha. De närbelägna markbundna fröplantagerna Askerud, Borgvik och Tällby har under de senaste 10–15 åren producerat 6, 2 respektive 17 kg/ha och år. Fröproduktionen per ymp var i frilandsplantagerna i genomsnitt 14 gram, 8 gram respektive 42 gram.

Referenser

- Eriksson, U. (red.), 1996. Strategi för framtida skogsträdsförädling och framställning av förädlat skogsodlingsmaterial i Sverige. SkogForsk, Stencil, 1995-06-20. 259 s.
- Eriksson, U. 1997. Massförökning av förädlat material på Nya Zeeland och i Australien – intryck från en studieresa i februari 1993. SkogForsk, Arbetsrapport nr 356, 1997. 18 s.
- Hörnsten, L. 1995. Förutsättningar för växthusplantager med gran. SkogForsk, Arbetsrapport nr 300. 16 s.
- Wilhelmsson, L. 1993. Ekonomiska aspekter på förädlat frö. I: Wilhelmsson, L., Eriksson, U. & Danell, Ö. Produktion av förädlat frö. SkogForsk, Redogörelse nr 3, sid 36–39.