



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 800-2013

Metoder för tidig blomning hos tall och gran

– Slutrapport av projekt 40:4 finansierat
av Föreningen skogsträdsförädling

Early strobili induction in Scots pine and Norway spruce

– Final report of Project no. 40:4, funded by the
Swedish Forest Tree Breeding Association

Curt Almqvist



SKOGFORSK

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 800-2013

I Arbetsrapporter redovisar Skogforsk resultat och slutsatser från aktuella projekt. Här hittar du bakgrundsmaterial, preliminära resultat, slutsatser och färdiga analyser från vår forskning.

Titel:

Metoder för tidig blomning hos tall och gran.

- Slutrapport av projekt 40:4 finansierat av Föreningen skogsträdsförädling.
- Early strobili induction in Scots pine and Norway spruce
- Final report of Project no. 40:4, funded by the Swedish Forest Tree Breeding Association.

Bildtext:

Eva Persson kronympar ungt tallmaterial i tallarkiv i Ekebo 2005.

Ämnesord:

Tidig blomning, förädling, kronympning, accelererad odling, blomningsstimulering, gibberellinbehandling,

GA_{4/7}.

- Early flowering, breeding, topgrafting, accelerated growth, strobili initiation, gibberellic acid, GA_{4/7}.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2013

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Curt Almqvist, jägmästare och Skoglig doktor i skogsgenetik. Arbetar på Skogforsk sedan 1987. Ansvarig för tallförädling i Mellansverige och FoU kring blomning hos barrträd och metoder för effektiv fröproduktion.

Abstract

The aim of this project was to develop effective methods for strobili initiation in young Scots pine and Norway spruce trees. For Scots pine topgrafting is a method that fulfils this objective, but topgrafting does not work equally well for Norway spruce, so the method is not recommended for this species. For Norway spruce, strobili initiation of potted trees by heat and drought treatment in a greenhouse, combined with hormonal treatment (GA_{4/7}) and supplementary lighting has the potential to be effective.

Innehåll

Summary.....	2
Sammanfattning.....	4
Inledning.....	6
Genomförda försök.....	6
Kronympning av tall.....	6
Kronympning av gran.....	7
Tilläggslys vid blomningsstimulering av gran.....	8
Resultat och diskussion.....	10
Kronympning av tall.....	10
Kombination av accelererad odling och kronympning av tall.....	16
Kronympning av gran.....	20
Tilläggslys vid blomningsstimulering av gran.....	22
Referenser.....	27

Summary

The aim of this project was to develop methods that would enable Scots pine and Norway spruce plants to produce strobili's and fully-functional seeds at the youngest possible age. The time lag before strobili production start can form a bottleneck that prevents breeding with optimal generation time in terms of both genetic gain and diversity.

Scots pine

For Scots pine, the project mainly focused on topgrafting.

Results showed that topgrafting of Scots pine is an effective method to promote rapid strobili initiation in plants, and this also applies to topgrafts from young plants. This corresponds with experiences from southeast USA where topgrafting is used as a standard procedure in breeding of *Pinus taeda* and other pines of the southern states.

In topgrafting, the selection of interstock clone is important. Our experiments show clearly that the effect and results correspond well with those attained for *Pinus taeda* and other pines of the southern states in USA.

Topgrafting can also be successful when scions are taken from young pine plants. If the plants are to be grown in a nursery, growing in pots is preferable to raised nursery beds as it gives higher survival of the topgrafts. However, the cultivation regime before scions are cut for grafting has little significance for the strobili initiation on the topgraft. The effect of grafting in the crown of an established graft overshadows any differences in cultivation. Methods to accelerate growth should be considered, as plants that have grown faster, because of their greater size, provide more usable scions. Grafting can be carried out as soon as the plants have sufficient scions. Where growth is accelerated, the first growing season of the plant should not be extended, as this has a negative effect on plant survival.

The significance of accelerated growth regimes varies, depending on whether strobili initiating treatment are done on the plants or if topgrafting is carried out. For strobili initiation of plants, all the accelerated growth regimes result in larger strobili initiation than on plants grown conventionally. Consequently, acceleration shortens the time to strobili initiation starts, but there is no difference between the accelerated regimes. There is no noticeably greater strobili initiation in plants given the higher dose of GA_{4/7}. High doses of GA_{4/7} increase the risk of damage and death, so the lower GA_{4/7} dose seems to lie closer to an (unknown) optimum. In summary, the recommended option is an accelerated growth regime that begins with several short growth periods, followed by strobili initiation treatment with low dose of GA_{4/7}.

Norway spruce

The results from the three experiments with topgrafting of spruce are disappointing. While the interstocks were producing strobili's relatively frequently, particular in the two experiments set up in 2004, strobili initiation of the topgrafts was very poor, even though this has been monitored for five or six years. This contrasts considerably with results for, particularly, pine species, including Scots pine. However, there are other coniferous species where topgrafting experiments have not produced the desired results, such as *Larix decidua* and *Larix kaempferi*. The reasons for this difference between species are unclear.

Our results indicate that topgrafting of Norway spruce cannot be recommended for use in the Swedish breeding programme for this species.

The results of the two experiments involving supplementary lighting in strobili initiation of Norway spruce show that supplementary lighting has a positive effect on both the proportion of trees with strobili and the number of strobili per tree. Application of infrared heat to the crown of the tree has the same positive effect on male strobili production as supplementary lighting. The experiments show very great effects, but results should be interpreted with caution in view of the limited scale of the experiments.

In our experiments, the noticeable effect of supplementary light, which in this case was supplied with conventional greenhouse lamps with sodium lighting, indicates that artificial lighting may have even greater potential. The light spectrum of sodium lamps differs considerably from that of natural sunlight. Greenhouse lamps based on LED technology are now available, and these can create artificial light much closer to the spectrum of natural sunlight, as well as other interesting light spectra.

The conclusion from these experiments is that supplementary lighting is an interesting and promising method for increasing the proportion of trees that initiate strobili's, and also to increase the number of strobili per tree. However, the method needs to be developed further. In particular, there should be potential to further increase the effect of supplementary lighting by using LED lamps with a light spectrum closer to that of natural sunlight.

Sammanfattning

Syftet med detta projekt var att utveckla metoder som gör det möjligt att förmå tall- och granplantor att blomma och producera fullvärdigt frö vid så låg ålder som möjligt. Detta för att inte väntan på blomning skall bli den flaskhals som gör det omöjligt att bedriva förädlingen med optimal generationstid med hänsyn taget till både genetisk vinst och diversitet.

Tall

För tall har projektet i huvudsak fokuserat på kronympning, vilket är den svenska benämningen på metoden som på engelska benämns topgrafting. Det engelska ”topgrafting” har tidigare använts som benämning av metoden även i svenska texter.

De i projektet genomförda försöken med kronympning av tall visar att kronympning är en effektiv metod för att förmå tallmaterial att snabbt börja blomma, och att detta gäller även kronympar från unga plantor. Detta stämmer med erfarenheter från sydöstra USA där kronympning används som standardrutin i förädlingsarbetet av *Pinus taeda* och andra sydstatstallar.

Vid kronympning är valet av mellanstocksklon viktigt. Projektets försök visar tydligt på den effekten och resultaten stämmer väl överens med de erhållna för *Pinus taeda* och andra sydstatstallar.

Kronympning fungerar även då riset plockas från unga tallplantor. Om plantorna ska drivas upp i plantskola är odling i kruka att föredra, framför odling i upphöjda odlingsramar. Däremot har odlingsregim innan riset klipps för ympning liten betydelse för blomningen hos kronympen. Effekten av att ympa in i kronan på en etablerad ymp, överskuggar skillnaderna som uppkommit vid plantodlingen. Någon form av accelererad odling bör övervägas, då de accelererade plantorna genom sin större storlek ger fler användbara ris för ympning. Ympning kan göras så snart plantorna har tillräckligt med ris. Det är bra om den accelererade odlingen inte har en första växtsäsong som är extra lång, då detta påverkar plantöverlevnaden negativt.

De accelererade odlingsregimernas betydelse skiljer sig åt, beroende på om man ska genomföra blomningsstimuleringen på plantorna eller om man ska använda kronympning. Vid blomningsstimulering av plantor så blommar alla de accelererade odlingsregimerna bättre än de konventionellt odlade plantorna. Accelereringen ger alltså en förkortad tid till blomning. Det är däremot ingen skillnad mellan de accelererade regimerna. Det är ingen tydligt ökad blomning hos de plantor som erhöll den högre dosen av $GA_{4/7}$. Höga doser av $GA_{4/7}$ ökar risken för skador och avgångar, så därför förefaller den lägre $GA_{4/7}$ -dosen ligga närmast ett (okänt) optimum. Sammanvägt blir alltså en accelererad odlingsregim som börjar med flera korta växtperioder följt av en blomningsstimulerande behandling med låg dos av $GA_{4/7}$ det rekommenderade alternativet.

Gran

Resultaten från de tre försöken med kronympning av gran är nedslående. Medan de använda mellanstockarna blommar relativt frekvent, särskilt i de två försök som anlades 2004, så är blomningen på kronymparna mycket sparsam. Detta trots att blomningen i försöken har följts i fem eller sex år. Detta skiljer sig markant från resultat för framförallt tallarter, inklusive vår svenska tall. Det finns dock andra barrträdsarter där försök med kronympning inte givit de positiva resultat som eftersträvats, t.ex. *Larix decidua* och *Larix kaempferi*. Skälen till denna skillnad mellan arter är oklar.

Baserat på de här presenterade resultaten för kronympning av gran kan metoden inte rekommenderas för användning inom det svenska förädlingsprogrammet för gran.

Resultaten från de båda försöken med tilläggslys vid blomningsstimulering av gran visar på en tydligt positiv effekt av tilläggslys på både andelen träd som har blommor och på antalet blommor per träd. För hanblomning gav även värmeförsel till trädkronan i form av infravärme en positiv effekt i samma storleksordning som tilläggslyset. Effekterna i försöken är mycket stora, men bör tolkas försiktigt med tanke på försökens begränsade storlek.

Att tilläggslys, som i detta fall skett med konventionella växthuslampor med natriumljus, ger en så påtaglig positiv effekt, indikerar på att potentialen med tillskottsljus kan vara ännu större. Natriumlampors ljusspektrum skiljer sig markant från solljusets spektra. Det finns nu växthuslampor som bygger på LED-teknik med stora möjligheter att skapa ett artificiellt ljus med betydligt större likhet med solljusets spektrum. Med dessa lampor går det också att designa andra intressanta ljusspektra.

Slutsatsen av dessa försök är att tilläggslys är en intressant och lovande metod för att öka andelen träd som initierar blomning och även ökar antalet blommor per träd. Metoden behöver dock utvecklas vidare. Framför allt bör det finnas potential att ytterligare öka effekten av tillskottsljus genom att använda LED-lampor med ett mer solljuslikt ljusspektrum.

Vetenskapliga publikationer från projektet

Almqvist, C. and Ekberg, I. 2001. Interstock and $GA_{4/7}$ effects on flowering after topgrafting in *Pinus sylvestris*. *Forest Genetics* 8(4): 279–284.

Almqvist, C. 2013. Interstock effects on topgraft vitality and strobili production after topgrafting in *Pinus sylvestris*. *Canadian Journal of Forest Research* 43(6): 584–588.

Almqvist, C. 2013. Survival and strobili production in topgrafted scions from young *Pinus sylvestris* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*.

Almqvist, C. & Jansson, G. 2013. Initiating strobili production in young *Pinus sylvestris* seedlings – accelerated growth regimes followed by strobili inductive treatment on seedlings or by topgrafting. Manuscript under preparation.

Inledning

För skogsträdsförädlingen utgör *tidig blomning* och *tidigt urval* de två mest betydelsefulla förutsättningarna för att drastiskt kunna förkorta generationstiden och därmed öka den genetiska vinsten per tidsenhet. Således identifierade Förädlingsutredningen (Anon. 1995) ”Metodutveckling för tidig blomning” som ett viktigt område för FoU för att effektivisera förädlingen av våra barrträd.

När det gäller att åstadkomma *tidig blomning* är detta liktydigt med att *tidigarelägga fasövergången* mellan den juvenila, blomningsinkompetenta fasen och den mogna, blomningskompetenta fasen (t.ex. Robinson & Wareing, 1969; Hackett 1985; Poethig, 1990). Denna juvenila fas är för tall 8–20 år och för gran 20–25 år (se sammanställning i Almqvist & Ekberg, 2000). Fasövergången sker sannolikt i skottens apikala meristem (celldelningszoner). Detta kan tolkas så att det är de kontinuerliga *celldelningarna i det apikala meristemet* som utgör den mekanism som driver mognadsprocessen framåt (Greenwood & Hutchison, 1993). Ju högre celldelningsaktivitet, ju snabbare uppnås den blomningskompetenta fasen. Ur en förädlares synpunkt är det inte nödvändigt att verkligen uppnå en permanent övergång till den blomningskompetenta fasen, d.v.s. att plantorna blommar ”av sig själv” under naturliga förhållanden. Det som behövs är att man genom en korrekt behandlingsregim av plantmaterialet, drivit mognadsprocessen tillräckligt långt för att plantorna skall svara på en blomningsstimulerande behandling. Det är också viktigt att det frö som produceras är av god fysiologisk kvalitet.

Syfte

Att utveckla metoder som gör det möjligt att förmå tall- och granplantor att blomma och producera fullvärdigt frö några år efter sådd. Detta för att inte väntan på blomning skall bli den flaskhals som gör det omöjligt att bedriva förädlingen med optimal generationstid med hänsyn taget till både genetisk vinst och diversitet.

Genomförda försök

För tall har projektet i huvudsak fokuserat på kronympning, vilket är den svenska benämningen på metoden som på engelska benämns topgrafting. Topgrafting har tidigare använts som benämning av metoden även i svenska texter.

KRONYMPNING AV TALL

Resultaten från det första försöket med kronympning av vår tall, *Pinus sylvestris*, visar att det är stor skillnad mellan kloner i förmåga att inducera blomning i det kronympade materialet, samt att det verkar finnas ett $G \times G$ -samband mellan mellanstock och kronymp (Almqvist & Ekberg, 2001). Materialstorleken i detta försök var dock begränsad, så samspelseffekten blev osäkert bestämd. För att lära mer om metoden och effektivisera användandet av den i förädlingen, startades i detta projekt två nya försök där olika aspekter av kronympning av tall undersöktes. Dessutom startades ett försök där accelererad odling av tall följt av blomningsstimulering av de accelererade plantorna eller kronympning av ris från plantorna undersöktes.

Mellanstockens betydelse vid kronympning av tall

År 2002 startades ett försök med syfte att kvantifiera variationen i inducerande förmåga både mellan olika ympar av samma klon och mellan kloner. I försöket studerades även $G \times G$ -sambandet mellan mellanstock och kronymp (om det är samma mellanstock som är bäst på att inducera blomning i alla kronympar är samspelet litet). Försöket bestod av 20 mellanstockskloner med tre rametrar per klon samt 10 kronymp-kloner, totalt ingick 600 ympningar i försöket.

Kronympning av ungt tallmaterial

Syftet med försöket var att studera vid vilken ålder tallplantor är åldrade nog för att kronympning ska resultera i blomning och om odlingsmiljön för plantorna påverkar blomningsåldrandet. I försöket studerades även om åldrandeprocessen går snabbare i en ympkvist än i en planta.

Accelererad odling av tall följt av blomningsstimulering eller kronympning

Syftet med försöket var att genom accelererad odling av tallplantor få dem att ur blomningssynpunkt åldras tillräckligt för att kunna svara med blomning på en blomningsstimulerande behandling eller kronympning.

I försöket undersöktes hur olika kombinationer av långa och korta tillväxtperioder påverkar "blomningsåldrandet", samt hur de olika odlingskombinationerna påverkade plantornas höjd- och diametertillväxt samt bildningen av grenar, vilket påverkar antalet potentiella platser för blommor att bildas och antalet ris att använda till kronympning.

Efter en inledande odlingsfas på två kalenderår med accelererad odling utfördes antingen blomningsstimulerande behandling av plantorna eller så klipptes ris från plantorna som ympades med kronympning för att därigenom framkalla blomning.

KRONYMPNING AV GRAN

Tre stycken försök har genomförts. Två stycken av försöken var förlagda till klonarkiv i Brunsberg och dessa försök påbörjades år 2003 och 2004. Det tredje försöket var förlagt till klonarkivet i Maltesholm och påbörjades 2004.

I försöken studerades kronympning av granmaterial i en ålder då det i nuvarande granförädlingsstrategi skulle kunna vara lämpligt att ympa upp kandidatklonerna för att ha dem i blomning då det slutliga urvalet görs.

En tidig mätning utförs oftast då fälttest vuxit i cirka 6 säsonger (materialet är då ca 11 år från frö). Baserat på denna mätning görs ett preliminärurval av de bästa klonerna i varje familj. Dessa kloner skulle vara lämpliga att ympa upp med kronympning, antingen direkt efter det att data finns framme eller några år senare, då materialet fått åldras några år till i fälttesterna. Blomning behövs då slutmätningen och det slutliga urvalet görs efter cirka 12 års fälttest (d.v.s. ca 16 år från frö).

Fälttest av ett förädlingsmaterial anläggs vanligen under ett eller två på varandra följande år. Det saknas därför försök med samma klonförökade material i olika utvecklingsstadium att utnyttja för ett kronympningsförsök. I dessa försök har i stället fröplantor av mätarsorter använts. Försöken i vilka mätarsorterna insamlats, har haft en ålder som korresponderat mot den ålder från frö som ett klonförökat material hade haft vid tid för kronympning.

Som mellanstockar har ympar av kloner i de markbundna arkiven i Brunsberg och i Maltesholm använts. Alla ympar av de mellanstockskloner som användes i försöken hade vid försökens start visat blomningskompetens, d.v.s. börjat blomma och producera kott.

Mellanstockarna har under försöksperioden blomningsstimulerats med gibberellinsyra, GA_{4/7}, i syfte att öka initieringen av blomanlag hos både mellanstock och kronympar.

TILLÄGGLJUS VID BLOMNINGSSTIMULERING AV GRAN

Försök anlagt 2001 i Brunsberg

Försöket utfördes i växthusen i Skogsberg, Brunsbergs försöksstation. Som försöksmaterial användes ett inkrukat granmaterial som tidigare ingått i ett kombinerat krukstorleks- och gödslingsförsök. Materialet hade blommat tidigare. Totalt 60 inkrukade ympar av 6 kloner ingick i försöket.

Behandlingar

Två behandlingar ingick i försöket:

1. Normal blomningsstimulering (kontroll).
2. Tilläggslys + normal blomningsstimulering.

Den normala blomningsstimuleringen utfördes på det sätt som utvecklats i ”Projekt växthusplantage i Nässja”, d.v.s. rotbeskärning strax innan knoppsprickning, värmebehandling i växthus, begränsad vattning samt GA_{4/7}-injektioner. Placering i växthusen (Vecka 24) och gibbning utfördes när skotten sträckt 60 % av bedömd slutlig (Vecka 25). Andra behandling utfördes när årskotten nästan skjutit klart (Vecka 26).

Gibbdoser (totalt för 2 behandlingstillfällen):

45 l krukor: 20 mg/träd
160 l krukor: 30 mg/träd
350 l krukor: 40 mg/träd.

Blomningsstimuleringen avslutades (Vecka 29) varefter materialet stod kvar i växthuset fram till mitten av augusti. Under den tiden var portarna öppna dygnet runt och luckventilationen inställd på 10°C. Materialet hade full vattentillgång (från Vecka 29).

Tilläggslys gavs med metallhalogenlampor (400 W), 1 lampa/träd. En ljusnivå på minst 250 µmol/(m² × sek) eftersträvades vid det översta grenvarvet på trädet. Tilläggslys gavs 20 tim/dygn i 1 månad och mellan klockan 03:15–23:15 varje dag under behandlingstiden.

Våren 2002 registrerades blomning genom totalräkning av han- och honblommor.

Försök anlagt 2006 i Ekebo

Som försöksmaterial användes 6 stycken av de kloner från ”Fenologiskt standardset” som ympats 1997 och inkrukats 1998.

Försöksled

1. Normal blomningsstimulering i växthus.
2. Tilläggljus + Normal blomningsstimulering i växthus.
3. Infravärme + Normal blomningsstimulering i växthus.
4. GA_{4/7} behandling utomhus.
5. Naturlig blomningsinducering utomhus.

Försöksstart Vecka 25. Träden kördes in i växthuskamrarna och ett blomningsstimulerande klimat startades med tilläggljus och infravärme.

Blomstimulering 1 i början av Vecka 26. Utomhus något senare än i växthusen, då skottskjutningen hade nått lika långt.

Blomstimulering 2 i mitten/slutet av veckan Vecka 27. Blomningsstimulerande värme, tilläggljus och tilläggsvärme pågick till Vecka 30.

Våren 2007 inventerades blomning genom totalräkning av antalet han- och honblommor. Kondition på träden klassades i klasserna 1 = Bra ... 4 = död.

Blomningsstimulerande behandling

Försöksled 1–3. Utfördes på Skogforsks normala sätt vid blomningsstimulering i växthus med värmebehandling, begränsad vattning samt GA_{4/7}-injektioner. Placering i växthusen (Vecka 25) och gibbning utfördes när skotten sträckt 60–75 % av bedömd slutlig skottlängd (Vecka 26). En andra behandling görs när årsskotten nästan skjutit klart (Vecka 27).

Försöksled 4–5. Utfördes på Skogforsks normala sätt vid blomningsstimulering utomhus. Begränsad vattning samt GA_{4/7}-injektioner. Gibbning utfördes när skotten sträckt 60–75 % av bedömd slutlig skottlängd (Vecka 27). Andra behandling när årsskotten nästan skjutit klart (Vecka 28).

Gibbdos (totalt för 2 behandlingstillfällen) var 30 mg/träd i alla försöksled.

Tilläggljus & Infravärme

Tilläggljus gavs med metallhalogenlampor (400 W), 1 lampa/träd placeras 40 cm ovan toppen på trädet. Detta gav en ljusnivå på ca 250 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \times \text{sek.})$ vid trädets topp. Tilläggljus gavs 20 tim/dygn i 1 månad och mellan 03:15–23:15 varje dag under behandlingstiden. Vid soligt och varmt väder, (över 450 w/m^2 (PAR) utomhus), då det var svårt att hålla temperaturen inom rimliga gränser, kunde belysningen och infravärmen slås av under den varmaste delen av dagen.

Infravärme (1 000 W) applicerades så de gav samma värmeeffekt vid toppen på trädet som tilläggslyslamporna ger, vilket gav ett avstånd på 120 cm mellan infravärme och topp på trädet. Infravärme användes vid samma tider som tilläggslyset.

Växthusinställningar

Dag

Ventilation från 23°C, vid varmt och soligt väder öppnades även portarna för att få maximal luftväxling.

Natt

Ventilation från 15°C.

Efter blomstimuleringsperioden ventilerades huset maximalt, med vädring från +10°C.

Resultat och diskussion

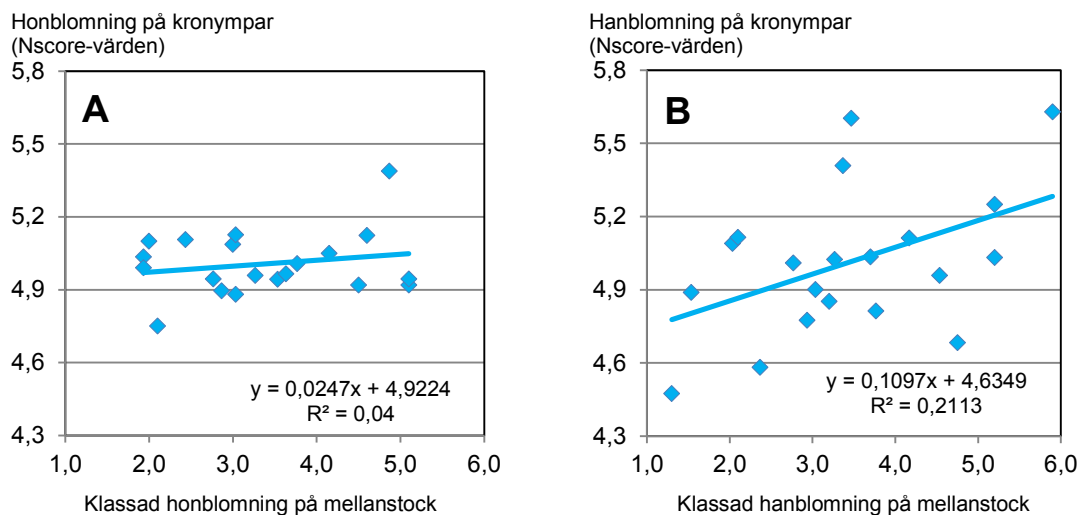
KRONYMPNING AV TALL

Mellanstockens betydelse vid kronympning av tall

Överlevnaden i försöket var god, i medeltal 85 procent den första hösten och den sjönk till 78 procent till våren det fjärde året efter ympningen. Vilken klon som används som mellanstock hade stark påverkan på överlevnaden för det kronympade materialet. Variationen mellan olika mellanstockskloner var 97–67 procent den första hösten och 93–60 procent på våren det fjärde året efter ympning. Det var inte någon stark interaktion mellan kronymp- och mellanstocksklon. Det var heller ingen stor variation mellan olika rammeter av samma mellanstocksklon.

Blomningen på kronymparna startade, om än i blygsam omfattning, första året efter ympning och ökade därefter med åren. Första våren efter ympningen hade 26 procent av de levande ymparna honblommor och 64 procent hade hanblommor. Högsta notering av honblommor på en kronymp var År 3 med 34 honblommor på en kronymp. För hanblommor (pollen) erhöles högsta noteringen År 4, med 65 hanblommor på en kronymp. Interaktionen mellan kronymp- och mellanstock för honblomning var stark under två av de fyra studerade åren. För hanblomning var interaktionen stark alla fyra åren.

Det fanns ingen koppling mellan hur bra honblomningen var på en mellanstocksklon och hur bra den mellanstocken var på att få kronympar att blomma. Det fanns ett svagt positivt samband mellan hanblomning på mellanstock och på kronymp, Figur 1.



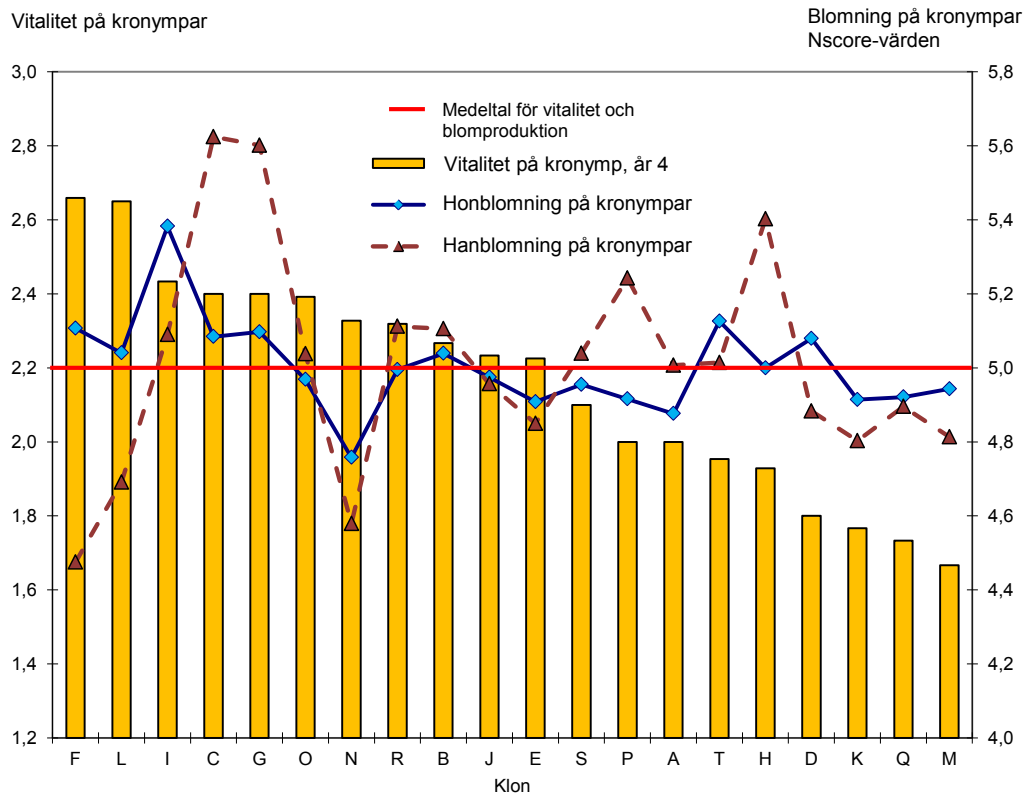
Figur 1. Korrelation mellan blomning på kronymp och mellanstock. A. Honblomning. B. Hanblomning. Presenterade data är medeltal för de fyra studerade åren.

Slutsatser

Det är stor skillnad mellan olika kloner i deras förmåga att initiera blomning hos kronympar. Det var också stor skillnad i hur bra kronympar överlevde på olika mellanstockar. Båda dessa faktorer måste därför tas i beaktande vid val av kloner som ska användas som mellanstockar, Figur 2.

Den svaga interaktionen mellan vitalitet och blomproduktion hos kronymp och mellanstock, betyder att förädlaren inte behöver fördela kronymparna av en klon på flera mellanstockskloner, förutsatt att goda mellanstockskloner finns identifierade.

Det svaga till obefintliga sambandet mellan en klons egen blomning och dess förmåga att initiera blomning hos kronympar gör att bra mellanstockskloner bara kan identifieras efter screeningtester.



Figur 2. Blomning och överlevnad för kronympar på de olika mellanstocksklonerna. Mellanstockarna är sorterade efter fallande kronympvitalitet. Staplarna visar kronympvitalitet år fyra. Den heldragna blå linjen visar medeltal för honblomning och den streckade röda linjen visa medeltal för hanblomningen år 1-4.

Kronympning av ungt tallmaterial

Överlevnaden för kronympar i försöket var 75 procent den första hösten efter ympningen och sjönk till 54 procent den 5:e hösten då försöket avslutades. Åldern på plantorna från vilka riset insamlades, hade en stark effekt på överlevnaden med högst överlevnad för de äldsta plantorna (6 år vid risklippningen) de två första åren efter ympningen, Tabell 1. Därefter avtog skillnaderna mellan plantåldrarna. Kronympar från plantor odlade i krukor hade högre vitalitet de två första åren efter ympning, jämfört med kronympar från plantor som odlats i odlingsbäddar med träram. Kronympar som placerades längre ner i kronan på mellanstocken hade bättre vitalitet de två första åren jämfört med de kronympar som placerades högt upp i kronan.

Tabell 1.

Vitalitetsmedelvärden¹⁾ för huvudeffekterna plantålder, odlingsmiljö och kronymparnas position i mellanstockens krona. Medelvärdena är beräknade LsMeans och värden som signifikant skiljer sig från varandra ($p < 0,05$) följs av olika bokstäver.

Källa	Höst År 0	Vår År 1	Vår År 2	Höst År 4	Höst År 5
Plantålder vid kronympning					
4 år	1,86 (a)	1,90 (a)	1,92 (a)	1,44 (a)	1,24 (a)
5 år	1,86 (a)	2,05 (a)	2,05 (a)	1,51 (a)	1,35 (a)
6 år	2,28 (b)	2,43 (b)	2,39 (b)	1,70 (a)	1,52 (a)
Odlingsmiljö					
Upphöjd odlingsbädd	1,88 (a)	1,99 (a)	1,99 (a)	1,48 (a)	1,35 (a)
Kruka	2,12 (b)	2,26 (b)	2,25 (b)	1,62 (a)	1,39 (a)
Kronymp-position					
Hög	1,72 (a)	1,82 (a)	1,79 (a)	1,54 (a)	1,39 (a)
Låg	2,28 (b)	2,44 (b)	2,45 (b)	1,56 (a)	1,35 (a)

¹⁾ Vitalitet klassad i skala 0–3, där 0 betyder död och 3 fullt vital.

Honblomningen året efter ympningen var så sparsam att inga statistiska analyser var meningsfulla. Andra året efter ympningen hade mellan 65 och 76 procent av ymparna honblommor och År 5 hade mellan 77 och 100 procent av ymparna honblommor.

Plantålder vid kronympning hade ingen signifikant effekt på mängden honblommor. Positionen i kronan hade en stark effekt med högre produktion av honblommor då ympen placerats högt i kronan. Odlingsregimen för plantorna innan kronympning hade bara signifikant effekt ett av tre analyserade år, Tabell 2.

Andra året efter ympningen hade mellan 4 och 17 procent av kronymparna hanblommor (pollen) och År 5 hade mellan 62 och 87 procent av ymparna hanblom.

Plantålder vid kronympning hade större effekt för han- än för honblomning, men det var ingen tydlig ålderstrend. För produktion av hanblomning är en placering längre ner i mellanstockens krona fördelaktigt, Tabell 3.

Slutsatser

I en praktisk förädlingsituation bör kronympning utföras så snart de plantor ris ska klippas från har tillräckligt med ris.

Vid odling av plantor som ska ympas med kronympning är odling i kruka att föredra framför odling i upphöjda odlingsbäddar.

Genom att välja position för ympen i mellanstockens krona kan förädlaren styra mot hon- eller hanblomning.

Table 2.

Medelvärden för honblomning för huvudeffekterna plantålder, odlingsmiljö och kronymp-position i mellanstockens krona. Medelvärdena är beräknade LsMeans på otransformerade data för att indikera nivån på honblomningen. De statistiska testerna är gjorda på transformerade data och värden som signifikant skiljer sig från varandra ($p < 0,05$) följs av olika bokstäver.

Källa	Honblomning År 2		Honblomning År 3		Honblomning År 5	
	Otransformerade data ¹⁾	Transformerade data	Otransformerade data ¹⁾	Transformerade data	Otransformerade data ¹⁾	Transformerade data
Plantålder vid kronympning						
4 år	1,44	4,85 (a)	4,83	4,89 (a)	13,71	4,91 (a)
5 år	1,34	4,94 (a)	4,35	4,85 (a)	12,79	4,98 (a)
6 år	1,68	4,90 (a)	3,77	4,73 (a)	15,82	4,93 (a)
Odlingsmiljö						
Upphöjd odlingsbädd	1,50	4,89 (a)	5,26	4,94 (a)	13,89	4,98 (a)
Kruka	1,46	4,90 (a)	3,37	4,71 (b)	14,32	4,90 (a)
Kronymp-position						
Hög	1,84	5,08 (a)	5,92	5,14 (a)	15,66	5,15 (a)
Låg	0,55	4,63 (b)	1,19	4,35 (b)	0,00	4,25 (b)

¹⁾ Antal honblommor per kronymp.

Table 3.

Medelvärden för hanblomning för huvudeffekterna plantålder, odlingsmiljö och kronymp-position i mellanstockens krona. Medelvärdena är beräknade LsMeans på otransformerade data för att indikera nivån på honblomningen. De statistiska testerna är gjorda på transformerade data och värden som signifikant skiljer sig från varandra ($p < 0,05$) följs av olika bokstäver.

Källa	Hanblomning År 1		Hanblomning År 2		Hanblomning År 3		Hanblomning År 5	
	Otransformerade data ¹⁾	Transformerade data	Otransformerade data ¹⁾	Transformerade data	Otransformerade data ¹⁾	Transformerade data	Otransformerade data ¹⁾	Transformerade data
Plantålder vid kronympning								
4 år	0,12	5,06 (a)	0,29	5,15 (ab)	0,23	5,00 (a)	8,85	4,99 (a)
5 år	0,17	5,08 (a)	0,25	5,11 (a)	0,25	5,02 (a)	14,16	5,28 (a)
6 år	0,19	5,15 (a)	0,42	5,22 (b)	0,48	5,14 (a)	10,99	5,16 (a)
Odlingsmiljö								
Upphöjd odlingsbädd	0,19	5,11 (a)	0,34	5,17 (a)	0,38	5,08 (a)	11,36	5,14 (a)
Kruka	0,14	5,08 (a)	0,31	5,15 (a)	0,26	5,02 (a)	11,30	5,14 (a)
Kronymp-position								
Hög	0,04	4,96 (a)	0,02	4,95 (a)	0,15	4,98 (a)	9,37	4,98 (a)
Låg	0,28	5,17 (b)	0,50	5,27 (b)	0,30	5,12 (a)	13,90	5,33 (b)

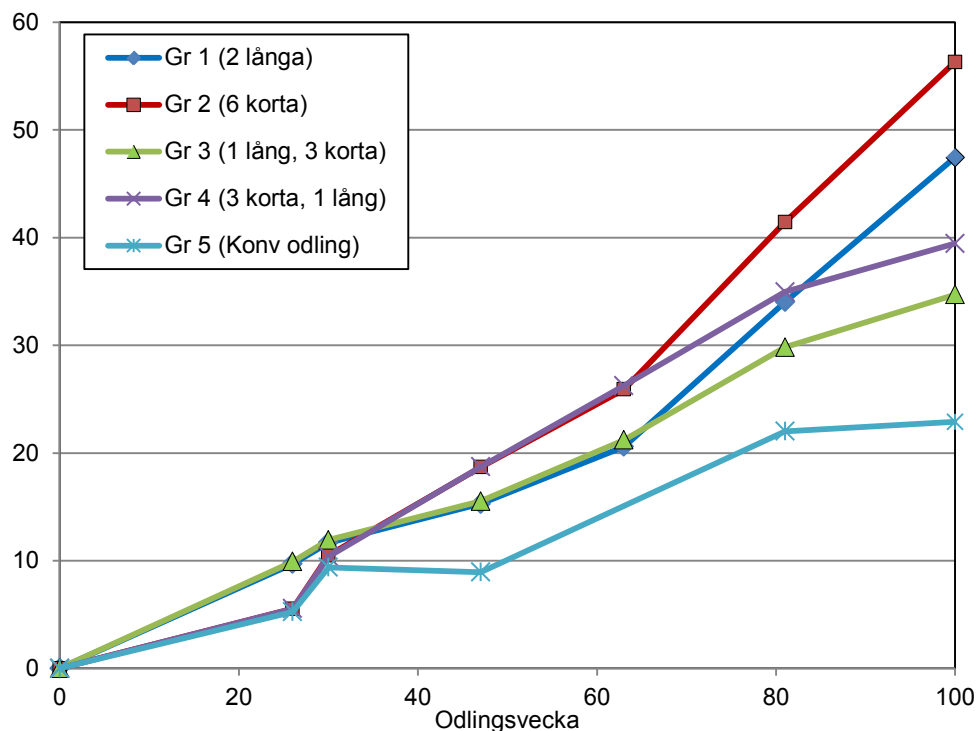
¹⁾ Antal hanblommor per kronymp

KOMBINATION AV ACCELERERAD ODLING OCH KRONYPNING AV TALL

Accelererad odling

Den accelererade odlingen drevs i två år. Under denna tid erhöll plantorna i de accelererade odlingsleden fyra olika kombinationer av växtsäsonger och som jämförelse fanns en mer konventionell odlingsregim. De olika odlingsregimerna resulterade i plantor med mellan 23 och 56 cm medelhöjd, Figur 3.

Planthöjd, cm



Figur 3.
Höjdtutveckling hos plantorna i de fem olika odlingsregimerna.

Överlevnaden skiljer sig mellan plantorna i de olika odlingsregimerna. I de odlingsregimer som inletts med en extra lång accelererad säsong (Gr 1 och 3) hade plantorna lägre överlevnad än i övriga regimer, Tabell 4.

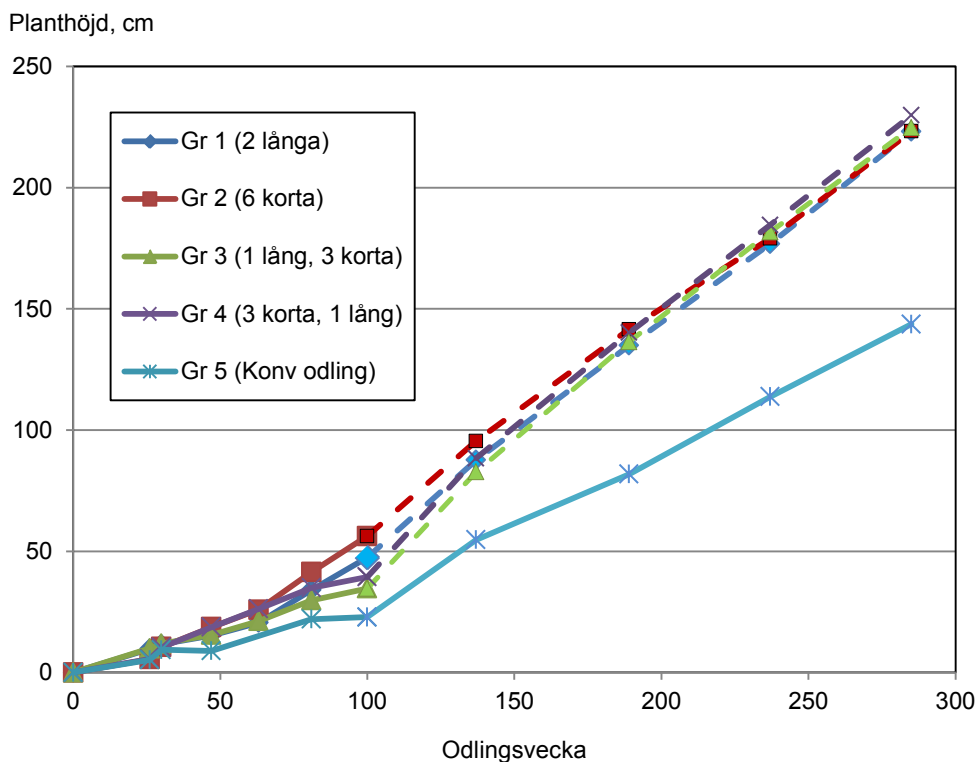
Tabell 4.
Överlevnad hos plantorna vid inventering vecka 100.

Odlingsregim	Överlevnad (%)
Gr 1 (2 långa)	73,6
Gr 2 (6 korta)	95,8
Gr 3 (1 lång, 3 korta)	71,8
Gr 4 (3 korta, 1 lång)	97,6
Gr 5 (konv. odling)	98,6

Blomningsstimulering av plantor som odlats accelererat

Under blomningsstimuleringen odlades alla plantor under samma odlingsbetingelser i plantskolan. De rutiner som följdes är de som normalt används vid krukodling av tallplantor vid plantskolan i Ekebo.

Under odlingen för blomningsstimulering försvann de höjdskillnader som förelåg vid avslutandet av accelereringsperioden i stort sett helt mellan plantorna från de fyra accelererade odlingsregimerna. Skillnaden mot de konventionellt odlade plantorna kvarstod dock, Figur 4.



Figur 4. Höjdtveckling i de olika odlingsregimerna under den blomningsstimulerande behandlingsfasen. De streckade linjerna är höjdtvecklingen för de plantor som odlats vidare för blomningsstimulering som plantor. Plantor som använts för kronympning är inte med i de streckade linjerna, då de slaktats för risskörd.

Det var ingen skillnad mellan de fyra accelererade odlingsregimerna i mängden hon- och hanblomning som erhöles på plantorna. Däremot hade plantorna från alla accelererade odlingsregimer mer blommor än de konventionellt odlade plantorna, Tabell 5.

Tabell 5.

Medelvärden för hon- och hanblomning för de olika odlingsregimerna. Medelvärdena är beräknade LsMeans på otransformerade data för att indikera nivån på hon- och hanblomningen. De statistiska testerna är gjorda på transformerade data och värden som signifikant skiljer sig från varandra ($p < 0,05$) följs av olika bokstäver.

	Hon10 ¹⁾	NHon10 ²⁾	Hon11	NHon11	Han11	NHan11
Gr 1 (2 långa)	0,83	5,02 (a)	3,22	5,02 (a)	1,71	5,10 (a)
Gr 2 (6 korta)	0,80	5,03 (a)	2,39	5,05 (a)	1,63	5,02 (a)
Gr 3 (1 lång, 3 korta)	0,95	5,04 (a)	2,89	5,06 (a)	1,80	5,05 (a)
Gr 4 (3 korta, 1 lång)	1,23	5,15 (a)	3,39	5,10 (a)	1,50	5,08 (a)
Gr 5 (Konv odling)	0,10	4,70 (b)	1,21	4,73 (b)	0,04	4,71 (b)

¹⁾ LsMeans av otransformerade data. Hon10 är honblomning År 2010 etc.

²⁾ LsMeans av transformerade data. NHon10 är transformerad honblomning År 2010 etc.

Det var ingen skillnad mellan de två doser av GA_{4/7} som testades för honblomning. Den högre dosen gav dock mest hanblommor. Att tillföra GA_{4/7} ökade både hon- och hanblomningen signifikant, Tabell 6.

Tabell 6.

Medelvärden för hon- och hanblomning för de olika behandlingarna med GA_{4/7}. Medelvärdena är beräknade LsMeans på otransformerade data för att indikera nivån på hon- och hanblomningen. De statistiska testerna är gjorda på transformerade data och värden som signifikant skiljer sig från varandra ($p < 0,05$) följs av olika bokstäver.

GA_Beh	Hon10 ¹⁾	NHon10 ²⁾	Hon11	NHon11	Han11	NHan11
GA_0	0,27	4,80 (a)	0,14	4,47 (a)	0,00	4,67 (a)
GA_1	1,05	5,10 (b)	3,83	5,23 (b)	1,39	5,04 (b)
GA_2	1,02	5,07 (b)	3,88	5,28 (b)	2,67	5,26 (c)

¹⁾ LsMeans av otransformerade data. Hon10 är honblomning År 2010 etc.

²⁾ LsMeans av transformerade data. NHon10 är transformerad honblomning År 2010 etc.

Effektivaste kombination av odlingsregim och blomningssimulering var odlingsregim de som innehöll flera korta odlings säsonger (Gr 2 och Gr 4) tillsammans med en gibberellinbehandling, Tabell 7.

Tabell 7.

Effektivaste behandlingskombination för hon- och hanblomning.

Egenskap	Beh. Komb.	Antal blommor per planta	Beh. Komb.	Planta med blommor %
Hon 10	GR4 x GA_1	2.0	GR4 x GA_1	41
Hon 11	GR2 x GA_1 GR4 x GA_2	5.1	GR2 x GA_2	68
Han 11	GR2 x GA_2	4.3	GR2 x GA_2	48

Kronympning av ris från plantor som odlats accelererat

Överlevnad/vitalitet hos kronympar varierade kraftigt mellan ris från plantor från de olika odlingsregimerna. Bäst överlevnad/vitalitet hade kronympar från odlingsregimen med många korta odlingscykler (GR 2) och sämst resultat hade kronympar från de regimer som mixade korta och långa odlingscykler (GR 3 och GR 4), Tabell 8.

Tabell 8.

Medelvärden för överlevnad och vitalitet¹⁾ för kronympar från de olika odlingsregimerna. De statistiska testerna är gjorda på vitalitetsdata och värden som signifikant skiljer sig från varandra ($p < 0,05$) följs av olika bokstäver.

Odlingsregim	% Levande 08	Vitalitet 08	% Levande 09	Vitalitet 09	% Levande 10	Vitalitet 10	% Levande 11	Vitalitet 11
Gr 1 (2 långa)	57,1	1,05 (a)	53,7	1,13 (a)	52,0	1,42 (a)	52,0	1,42 (a)
Gr 2 (6 korta)	70,4	1,31 (b)	64,3	1,37 (a)	62,0	1,70 (a)	61,5	1,70 (a)
Gr 3 (1 lång, 3 korta)	18,1	0,35 (c)	16,3	0,38 (b)	15,7	0,47 (b)	15,7	0,47 (b)
Gr 4 (3 korta, 1 lång)	19,6	0,38 (c)	19,6	0,46 (b)	19,6	0,52 (b)	18,4	0,51 (b)
Gr 5 (Konv odling)	59,1	1,07 (a) (b)	50,0	1,13 (a)	50,0	1,42 (a)	50,0	1,42 (a)

¹⁾ Vitalitet klassad i skala 0–3, där 0 betyder död och 3 fullt vital.

Hon- och hanblomningen skiljer sig inte signifikant mellan kronympar från de olika odlingsregimerna, inkluderat GR 5, de konventionellt odlade plantorna. Effekten av att ympa ris i kronan på etablerade, blomningskompetenta ympar är kraftfullare och överskuggar de skillnader som de olika odlingsregimerna ger. Tabell 9.

Tabell 9.

Medelvärden för hon- och hanblomning för kronympar från de olika odlingsregimerna. Medelvärdena är beräknade LsMeans på otransformerade data för att indikera nivå på blomningen. De statistiska testerna är gjorda på transformerade data och värden som signifikant skiljer sig från varandra ($p < 0,05$) följs av olika bokstäver.

Odlingsregim	Hon 09	NHon 09	Hon 10	NHon 10	Hon 11	NHon 11
Gr 1 (2 långa)	0,83	5,08 (a)	1,72	5,19 (a)	1,96	5,17 (a)
Gr 2 (6 korta)	0,59	4,91 (a)	1,10	4,92 (a)	1,84	5,08 (a b)
Gr 3 (1 lång, 3 korta)	1,08	5,12 (a)	2,23	5,37 (a)	3,32	5,32 (a)
Gr 4 (3 korta, 1 lång)	0,30	4,82 (a)	1,01	4,91 (a)	1,06	4,83 (a) (b)
Gr 5 (Konv odling)	1,19	5,25 (a)	2,04	5,16 (a)	1,07	4,76 (b)

¹⁾ LsMeans av otransformerade data. Hon09 är honblomning År 2009 etc.

²⁾ LsMeans av transformerade data. Nhon09 är transformerad honblomning År 2009 etc.

Slutsatser

Överlevnaden i de olika odlingsregimerna skiljer sig genom att i de regimer som har en lång första odlingscykel överlever plantorna sämre. Denna typ av odlingsregimer bör alltså undvikas.

Odlingsregimernas betydelse skiljer sig åt beroende på om man ska genomföra blomningsstimuleringen på plantorna eller om man ska använda kronympning.

Vid blomningsstimulering av plantor så blommar alla de accelererade odlingsregimerna bättre än de konventionellt odlade plantorna. Accelereringen ger alltså en förkortad tid till blomning. Det är däremot ingen skillnad mellan de accelererade regimerna. Det är ingen tydligt ökad blomning hos de plantor som erhöll den högre dosen av $GA_{4/7}$. Höga doser av $GA_{4/7}$ ökar risken för skador och avgångar, så därför förefaller den lägre $GA_{4/7}$ -dosen ligga närmast ett (okänt) optimum. Sammanvägt blir alltså GR 2 eller GR 4 följt av GA 1 de rekommenderade alternativen.

Vid kronympning har odlingsregim innan ris klipps för ympning ingen betydelse för blomningen hos kronympen. Effekten av att ympas in i kronan på en etablerad ymp överskuggar skillnaderna som uppkommit vid plantodlingen. Dock ger de accelererade plantornas genom sin större storlek fler användbara ris för ympning. Vid kronympning av ungt tallmaterial ska odlingsregimen för plantorna inriktas på att så snabbt som möjligt ge tillräckligt med användbart ymppris. Ympning kan göras så snart plantorna har tillräckligt med ris.

Diskussion och slutsatser av resultaten från kronympning av Tall

De i projektet genomförda försöken visar att kronympning är en effektiv metod för att förmå tallmaterial att snabbt börja blomma och att detta gäller även kronympar från unga plantor. Detta stämmer med erfarenheter från sydöstra USA där kronympning används som standardrutin i förädlingsarbetet av *Pinus taeda* och andra sydstatstallar (Gooding et al., 2000; Lott et al., 2003).

Vid kronympning är valet av mellanstocksklon viktigt. Projektets försök visar tydligt på den effekten (Almqvist & Ekberg 2001; Almqvist 2013a) och resultaten stämmer väl överens med de erhållna för andra tallarter (McKeand & Raley 2000; Medina Perez et al., 2007).

Kronympning fungerar även då riset plockas från unga tallplantor. Det visar både försöket som redovisas i (Almqvist 2013b) och försöket med kombination av accelererad odling och kronympning som genomförts i projektet.

KRONYMPNING AV GRAN

Försök anlagt 2003 i granarkiv i Brunsberg

Överlevnaden i försöket har varit måttlig. Våren 2006, tre år efter ympningen, levde 70 av de 140 ymparna.

I försöket har i stort sett ingen blomning erhållits på kronympar som ympats in i kronorna på mellanstockarna. Blomning har inventerats årligen från 2004 till 2009. Enda noterade blomningen var 2007 och då endast en honblomma och en hanblomma. Mellanstockarna har under försöket visat blomningskompetens och under 2006 hade 80 % av mellanstockarna kott och 100 % producerade pollen (totalt 10 mellanstockar). Övriga år registrerades sparsam blomning på mellanstockarna alla år, förutom 2005 då ingen av mellanstockarna hade blommor.

Försök anlagt 2004 i granarkiv i Brunsberg

Överlevnaden i försöket var god. År 2010 då försöket avslutades levde fortfarande 79 % av ymparna (totalt ympades 576 ympar 2004).

Blomningen på kronympar har varit sparsam, med högsta blomning 2010 då 6 % av de levande ymparna blommade hon och 14 % hade pollen, Tabell 10. Blomning på mellanstockarna kunde noteras alla år försöket inventerades, Tabell 11.

År 2006 som var ett mycket bra blomningsår för gran i Sverige, inventerades blomningen på de plantor som ris till kronympar hämtats från. Ingen av dessa plantor blommade i försöken.

Tabell 10.

Överlevnad av kronympar och blomning på kronympar i försök med kronympning av gran anlagt i arkiv i Brunsberg 2004.

År	Antal levande kronympar	Levande kronympar %	Antal kronympar med honblommor	Kronympar med honblommor %	Antal kronympar med hanblommor	Kronympar med hanblommor %
Höst 2004	487	84,5	–	–	–	–
2006	466	80,9	8	1,7	6	1,3
2007	466	80,9	3	0,6	9	1,9
2008	464	80,6	0	0,0	0	0,0
2009	457	79,3	2	0,4	9	2,0
2010	457	79,3	27	5,9	66	14,4

Tabell 11.

Blomning på mellanstockar i försök med kronympning av gran anlagt i arkiv i Brunsberg 2004.

Alla mellanstockar levde hela försöksperioden.

År	Antal Mellanstockar med honblommor	Mellanstockar med honblommor %	Antal Mellanstockar med hanblommor	Mellanstockar med hanblommor %
2006	32	89	36	100
2007	21	58	36	100
2008	2	5	26	72
2009	20	56	35	97
2010	16	44	29	81

Försök anlagt 2004 i granarkiv i Maltesholm

Överlevnaden i försöket var god. År 2011 då försöket avslutades levde fortfarande 72 % av ymparna (totalt ympades 360 ympar 2004).

Blomningen på kronympar har varit sparsam, med högsta blomning 2011 då 27 % av de levande ymparna blommade hon och 2007 då 24 % av ymparna hade pollen, Tabell 12. Blomning på mellanstockarna kunde noteras alla år försöket inventerades, Tabell 13.

Tabell 12.

Överlevnad av kronympar och blomning på kronympar i försök med kronympning av gran anlagt i arkiv i Maltesholm 2004.

År	Antal levande kronympar	Levande kronympar, %	Antal kronympar med honblommor	Kronympar med honblommor, %	Antal kronympar med hanblommor	Kronympar med hanblommor, %
Höst 2004	296	82	–	–	–	–
2006	273	76	5	1,8	13	4,8
2007	267	74	29	10,9	65	24,4
2008	267	74	4	1,5	1	0,4
2009	264	73	4	1,5	2	0,8
2010	258	72	10	3,9	8	3,1
2011	258	72	70	27,1	40	15,5

Tabell 13.

Blomning på mellanstockar i försök med kronympning av gran anlagt i arkiv i Maltesholm 2004. Alla mellanstockar levde hela försöksperioden.

År	Antal mellanstockar med honblommor	Mellanstockar med honblommor, %	Antal mellanstockar med hanblommor	Mellanstockar med hanblommor, %
2006	23	96	24	100
2007	14	58	23	96
2008	7	29	7	29
2009	9	38	22	92
2010	4	17	7	29
2011	11	46	6	25

Diskussion av resultaten från kronympning av gran

Resultaten från de tre försöken är nedslående. Medan de använda mellanstockarna blommar relativt frekvent, särskilt i de två försök som anlades 2004, så är blomningen på kronympar mycket sparsam. Detta trots att blomningen i försöken har följts i fem eller sex år. Detta skiljer sig markant från resultat för framför allt tall-arter, inklusive vår svenska tall (*Pinus sylvestris*) (se t.ex. (McKeand & Raley 2000; Almqvist & Ekberg 2001; Almqvist 2013a; Almqvist 2013b). Det finns dock andra barrträdsarter där försök med kronympning inte givit de positiva resultat som eftersträfvats, t.ex. *Larix decidua* och *Larix kaempferi* (Robinson & Wareing 1969). Skälen denna skillnad mellan arter är oklar.

Slutsats

Baserat på de här presenterade resultaten för kronympning av gran kan metoden inte rekommenderas för användning inom det svenska förädlingsprogrammet för gran.

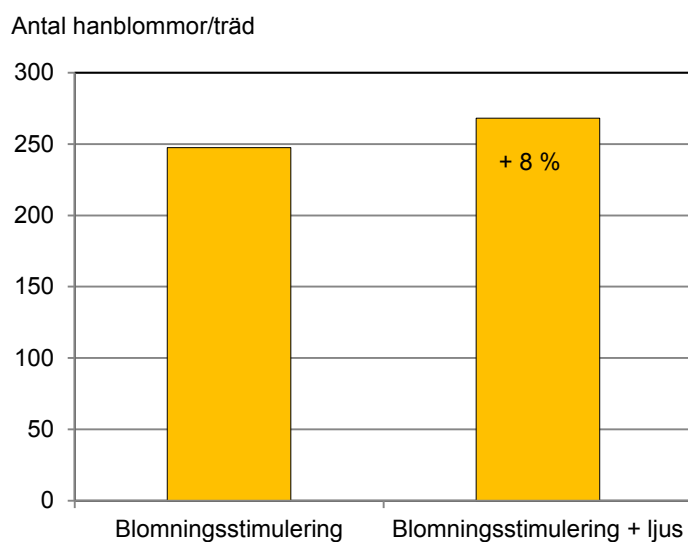
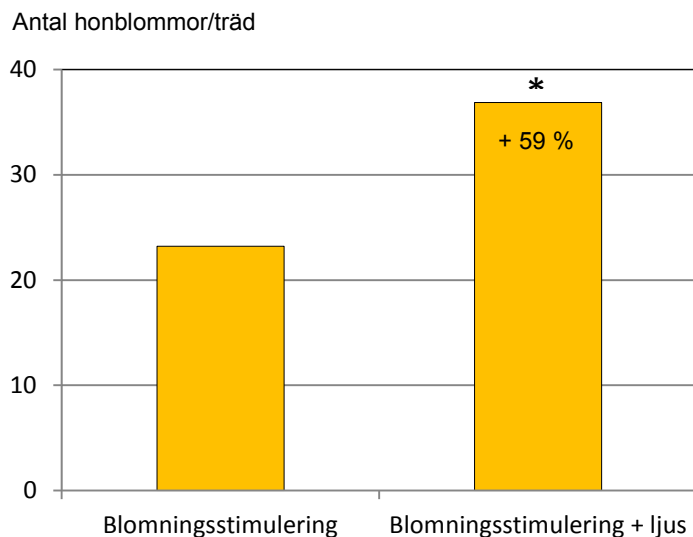
TILLÄGGLJUS VID BLOMNINGSSTIMULERING AV GRAN

Försök anlagt i Brunsberg

I försöket hade 88 % av träden hon- och 95 % hanblommor. Försöksled 1 (normal blomningsstimulering) hade något högre andel honblommande träd, 93 %, jämfört med Försöksled 2 (+ tilläggslys), som hade 83 % honblommande träd. För hanblommorna, blommande 97 % respektive 93 % av träden. Båda försöksledens resultat är anmärkningsvärt höga för både hon- och hanblomning.

För honblomning hade Försöksled 2 (+ tilläggslys) 59 % mer blommor än den normala blomningsstimuleringen i Försöksled 1, 37 respektive 23 blommor per träd, Figur 5. Skillnaden mellan försöksleden är statistiskt signifikant ($p = 0,0282$).

För hanblomning var skillnader inte lika stor, 247 respektive 268 blommor per träd, och inte heller statistiskt signifikant ($p = 0,6864$), Figur 5.



Figur 5.
Hon- och hanblomning i försök med normal blomningsstimulering och med tilläggs ljus utfört i Brunsberg 2001.

Försök anlagt i Ekebo 2006

I hela försöket hade 36 % av träden hon- och 65 % hanblom. Skillnaderna i andelen träd med blommor var stor mellan försöksleden, Tabell 14. Försöksled 2 (tilläggs ljus) hade högst andel träd med både hon- och hanblommor, 74 % respektive 84 %.

Tabell 14.
Procent träd med hon- och hanblomning i försöket.

	Försöksled 1	Försöksled 2	Försöksled 3	Försöksled 4	Försöksled 5
Procent träd med honblommor	41	74	55	27	11
Procent träd med hanblommor	73	84	52	60	67

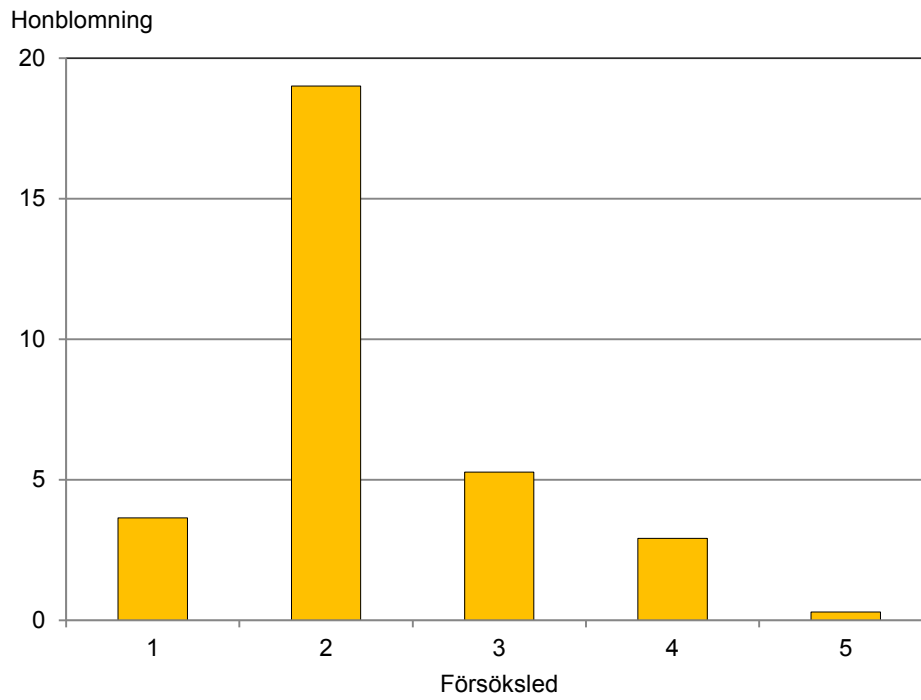
För honblomning hade Försöksled 2, blomningsstimulering och tilläggslys, det högsta antalet blommor per träd, mer än 5 gånger så många som Försöksled 1, normal blomningsstimulering i växthus, Tabell 15 och Figur 6. Det motsvarar en ökning på 422 %. Jämfört med den obehandlade kontrollen, Försöksled 5, är ökningen 6314 %.

För hanblomning hade Försöksled 3, blomningsstimulering och infravärme, det högsta antalet blommor per träd, 73 blommor per träd, men även Försöksled 2, tilläggslys, hade många hanblommor per träd, 60 blommor per träd, Tabell 15 och Figur 7. Jämfört med normal blomningsstimulering i växthus, Försöksled 1, hade Försöksled 3 187 % och Försöksled 2 139 % fler hanblommor per träd.

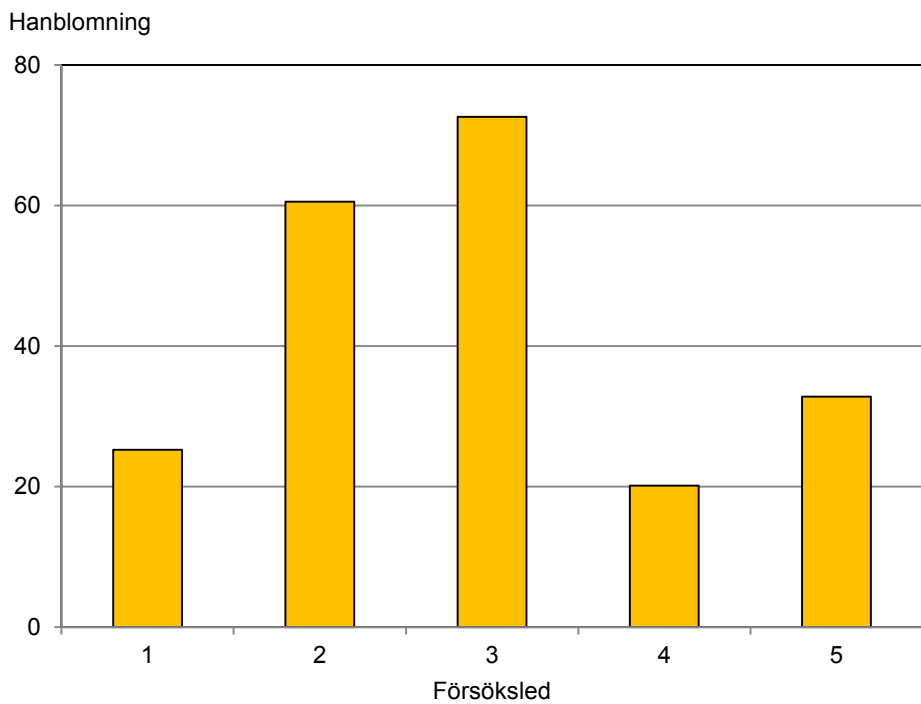
Tabell 15.

Hon- och hanblomning i de olika försöksleden. Otransformerade data visar antalet blommor per träd. Transformerade data har använts vid signifikansskattningarna. Försöksled med olika bokstaver efter det transformerade värdet är signifikant skilda från varandra ($p < 0,05$).

	Honblomning			Hanblomning		
	Otransformerad	Transformerad		Otransformerad	Transformerad	
Fled 1	3,6	-0,59	(b)	25,3	-1,56	(a)
Fled 2	19,0	2,29	(a)	60,5	-0,04	(b)
Fled 3	5,3	0,71	(c)	72,6	0,16	(c)
Fled 4	2,9	0,28	(b c)	20,1	-1,10	(d)
Fled 5	0,3	-2,43	(d)	32,8	-0,71	(e)



Figur 6.
Honblomning i de olika försöksleden, medeltal för otransformerade värden.



Figur 7.
Hanblomning i de olika försöksleden, medeltal för otransformerade värden.

Diskussion av resultaten från tilläggslys vid blomningsstimulering av gran

Resultaten från båda försöken visar på en tydligt positiv effekt av tilläggslys på både andelen träd som har blommor och på antalet blommor per träd. För hanblomning gav dock infravärme mer blommor än tilläggslyset. Effekterna är mycket stora, men ska tolkas försiktigt med tanke på försökets begränsade storlek.

Att tilläggslys med som i detta fall konventionella växthuslampor med natriumljus ger en så påtaglig indikerar att potentialen med tillskottsljus kan vara ännu större. Jämför man en natriumlampas ljusspektrum med solljus så står det klart att natriumlysets spektrum skiljer sig klart från solljusets. Det finns nu växthuslampor som bygger på LED-teknik där det finns stora möjligheter att skapa ett artificiellt ljus med betydligt större likhet med solljusets spektrum. Med dessa lampor går det också att designa andra intressanta ljusspektra. Den stora förbättringspotentialen gör att det bör vara motiverat med mer forskningsinsatser.

Slutsatser

Slutsatsen av detta försök är att tilläggslys är intressant och lovande metod för att öka andelen träd som initierar blomning och även ökar antalet blommor per träd. Metoden behöver dock utvecklas vidare. Framförallt bör det finnas potential att ytterligare öka effekten av tillskottsljus genom att använda LED-lampor med ett mer solljuslikt ljusspektrum.

Referenser

- Almqvist, C. & Ekberg, I. 2000. Methods to stimulate early flowering in conifers. In: Lundkvist, K. (ed.) Rapid generation turnover in the breeding population and low-intensity breeding. Proceedings from the SNS meeting, July 1-3, 1999, in Uppsala, Sweden. Department of Forest Genetics, SLU. Research Notes 55.
- Almqvist, C. & Ekberg, I. 2001. Interstock and GA4/7 effects on flowering after topgrafting in *Pinus sylvestris*. *Forest Genetics* 8(4): 279–284.
- Almqvist, C. 2013a. Interstock effects on topgraft vitality and strobili production after topgrafting in *Pinus sylvestris*. *Canadian Journal of Forest Research* 43(6): 584–588.
- Almqvist, C. 2013b. Survival and strobili production in topgrafted scions from young *Pinus sylvestris* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*.
- Anon. 1995. Förädlingsutredningen. Strategi för framtida skogsträdsförädling och framställning av förädlad skogsodlingsmaterial. Utredning 1995-06-20. Skogforsk, Uppsala.
- Gooding, G. D., Bridgwater, F. L., Bramlett, D. L. & Lowe, W. J. (2000). Topgrafting Loblolly Pine in the western gulf region. In: Proceedings: 25th Biennial Southern Forest Tree Improvement Conference. New Orleans, Louisiana, USA. July 11-14, 1999, Southern Forest Tree Improvement Committee p: 60–66.
- Greenwood, M.S. & Hutchison, K.W. 1993. Maturation as a developmental process. In: Ahuja, M.R. & Libby, W.J. (eds.). *Clonal Forestry I. Genetics and Biotechnology*, pp. 14-33. Springer-Verlag, New York.
- Hackett, W.P. 1985. Juvenility, maturation and rejuvenation in woody plants. *Hort. Rev.* 7: 109-155.
- Lott, L. H., Lott, L. M., Stine, M. K., T.L. & Nelson, C. D. 2003. Topgrafting longleaf x slash pine F1 hybrids on mature longleaf and slash pine interstocks. . Proceedings of the 27th Southern Forest Tree Improvement Conference. Stillwater, Oklahoma, Southern Forest Tree Improvement Committee: 96–101.
- McKeand, S. E. & Raley, E. M. 2000. Interstock effects on strobilus initiation in topgrafted loblolly pine. *Forest Genetics* 7(3): 179–182.
- Medina Perez, A. M., White, T. L., Huber, D. A. & Martin, T. A. 2007. Graft survival and promotion of female and male strobili by topgrafting in a third-cycle slash pine (*Pinus elliotii* var. *elliottii*) breeding program. *Canadian Journal of Forest Research* 37: 1244–1252.
- Poethig, R.S. 1990. Phase change and the regulation of shoot morphogenesis in plants. *Science* 250: 923–930.
- Robinson, L. W. & Wareing, P. F. 1969. Experiments on the juvenile-adult phase change in some woody species. *New Phytol.* 68: 67–78.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2011

2012

- Nr 758 Löfroth, C. & Svenson, G. 2012. ETT – Modulsystem för skogstransporter – En trave Till (ETT) och Större Travar (ST). 151 s. ETT – Modular system for timber transport One More Stack (ETT) and Bigger Stacks (ST). p. 156.
- Nr 759 von Hofsten, H., Johannesson, T. & Aneryd, E. 2012. Effekter på stubbskördens produktivitet beroende på klippningsgraden. Impact of stump splitting on harvest productivity 22 s.
- Nr 760 Jönsson, P. & Englund, M. 2012. Air-Hawk-luftkudde. Ergonomiskt hjälpmedel för skogs- och jordbruksmaskiner. Airhawk Seat Cushion – Ergonomic aid for forestry and agricultural machinery. 24 s.
- Nr 761 Rosvall, O. & Lindgren, D. 2012. Inbreeding depression in seedling seed orchards. Under bearbetning.
- Nr 762 Hannrup, B. & Lundgren, C. 2012. Utvärdering av Skogforsks nya barkfunktioner för tall och gran – En uppföljande studie. – Evaluation of Skogforsk's new bark equations for Scots pine and Norway spruce 26 s.
- Nr 763 Englund, M. 2012. LED-ljus i aggregatet – En pilotstudie. LED lighting on harvester head. A pilot study. 6 s.
- Nr 764 Bhuiyan, N., Arlinger J. & Möller, J.J. 2012. Kartunderlag för effektivare grotskotning genom export av shapefiler. – Map support for forwarding of logging residues through export of shape files. 22 s.
- Nr 765 Brunberg, T. 2012. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 70E hos Holmen Skog vintern 2012. – Study of multiple tree handling in clear cutting with John Deere 1170E together with Holmen Skog in the winter of 2012. 7 s.
- Nr 766 Löfgren, B., Englund, M., Jönsson, P., Wästerlund, I. & Arvidsson, J. 2012. Spår djup och marktryck för skotare med och utan band samt styrbar boggi. 15 s. – Rut depth and ground pressure for forwarder with and without tracks. 18 s.
- Nr 767 Eriksson, B. 2012. Utveckling i outsourcad skogsvård. Improving productivity and quality in out sourced silviculture 14 s.
- Nr 768 Fogdestam, N., Granlund, P. & Eliasson, L. 2012. Grovkrossning och sällning av stubbar på terminal. Coarse grinding of stumps and sieving of the produced hog fuel. 9.
- Nr 769 Hannerz, M. 2012. Vem besöker Kunskap Direkt och vad tycker de? – Who visits Knowledge Direct (Kunskap Direkt) and what do they think of it? 38 s.
- Nr 770 Barth, A., Sonesson, J., Thor, M., Larsson, H., Engström, P., Rydell, J., Holmgren, J., Olofsson, K. & Forsman, M. Beståndsmätning med mobila sensorer i skogsbruket. – Forest measurements with mobile sensors in forestry. 32 s.
- Nr 771 Skutin, S.-G. 2012. Lönsamhet för CTI på virkesfordon. Profitability for CTI on roundwood haulage vehicles. – Cost-benefit analysis of using CTI on roundwood haulage vehicles 25 s.
- Nr 772 Sonesson, J., Mohtashami, S., Bergkvist, I., Söderman, U., Barth, A., Jönsson, P., Mörk, A., Jonmeister, T. & Thor, M. 2012. Beslutsstöd och metod för att minimera markpåverkan vid drivning. – Slutrapport från projekt ID 0910/143-10. – Decision support and methods to minimise ground impact in logging – Final report of project ID 0910/143-10. 22 s.
- Nr 773 Barth, A., Sonesson, J., Larsson, H., Engström, P., Rydell, J., Holmgren, J., Olofsson, K., Forsman, M. & Thor, M. 2012. Beståndsmätning med olika mobila sensorer i skogsbruket. – Use of mobile sensors in forestry to measure stand properties. 32 s.

- Nr 774 Brunberg, T. 2012. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1270E hos SCA Skog hösten 2012 – Study of multiple tree handling in clear cutting with John Deere 1270E together with SCA Skog in the autumn of 2012. 10 s.
- Nr 775 Eliasson, L., Granlund, P., von Hofsten, H. & Björheden, R. 2012. Studie av en lastbils monterad kross-CBI 5800 – Study of a truck-mounted CBI 5800 grinder. 16 s.
- Nr 776 Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T., von Hofsten, H. & Lundström, H. 2012. Flisstorleken effekt på en stor skivhuggs bränsleförbrukning och prestation – Effect of target chip size on performance, fuel consumption and chip quality for a large disc chipper. 12 s.
- Nr 777 Eliasson, L., Granlund, P., Lundström, H. 2012. Effekter på bränsleförbrukning, prestation och fliskvalitet av klenräd vs bränsleved som råvara vid flisning med en stor skivhugg. – Effects of raw material on performance, fuel consumption and chip quality for a large disc chipper. 12 s.
- Nr 778 Friberg, G. & Jönsson, P. 2012. Kontroll av noggrannheten av GPS-positionering hos skördare. – Measuring precision of GPS positioning on a harvester. 9 s.
- Nr 779 Bergkvist, I. & Lundström, H. 2012. Systemet ”Besten med virkeskurir” i praktisk drift – Erfarenheter och Utvecklingsmöjligheter – Slutrapport från utvecklingsprojekt i samarbete med Södra skog och Gremo.– The ‘Besten with forwarders’ unmanned logging system in practical operation – experiences and development potential. Final report from development project in collaboration with Södra skog and Gremo 25 s.
- Nr 780 Nordström, M. 2012. Validering av funktioner för beräkning av kvantitet skogsbränsle vid stubbskörd – en pilotstudie. – Validation of functions for calculating the quantity of forest fuel in stump harvest – a pilot study. 33.
- Nr 781 Fridh, L. 2012. Utvärdering portabla fukthaltsmätare – Evaluation of portable moisture meters. 28 s.
- Nr 782 Johannesson, T., Fogdestam, N., Eliasson, L. & Granlund, P. 2012. Effekter av olika inställningar av den eftersträvade flislängden på prestation och bränsleförbrukning för en Bruks 605 trumhugg. – Effects of chip-length settings on productivity and fuel consumption of a Bruks 605 drum chipper.
- Nr 783 Hofsten von, H. & Johannesson, T. 2012. Skörd av brutna eller frästa stubbar – En jämförande tidsstudie. – Harvesting split or ground stumps – a comparative time study.
- Nr 784 Arlinger, J., Nordström, M. & Möller, J.J. 2012. StanForD 2010. Modern kommunikation med skogsmaskiner. – StanForD 2010. – Modern communication with forest machines. 16 s.
- Nr 785 Arlinger, J., Nordström, M. & Möller, J.J. 2012. StanForD 2010. Modern communication with forest machines StanForD 2010. – Modern kommunikation med skogsmaskiner. p. 16.
- 2013**
- Nr 786 Grönlund, Ö. & Eliasson, L. 2013. Knivslitage vid flisning av grot. Effects of knife wear on performance and fuel consumption for a small drum chipper. 11 s.
- Nr 787 Sonesson, J. & von Hofsten, H. 2013. Effektivare fältarbete med nya datakällor för skogsbruksplanering.
- Nr 788 Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller, J.J. 2013. Kvalitetssäkring av beräkningsresultat från hprCM och konvertering av pri- till hpr-filer. – Quality assurance of calculation results from hprCM and conversion of pri files to hpr files. 24 s.
- Nr 789 Brunberg, t. 2013. Bränsleförbrukningen hos skördare och skotare 2012. – Fuel consumption in forest machines 2012. 12 s.

- Nr 790 Eliasson, L. & Lundström, H. 2013. Skotning av hyggestorkad grot. – Skotare med Hultdins biokassett. – Forwarding of dried logging residue: study of Hultdins Biokassett 10 s.
- Nr 791 Andersson, g. & Frisk, M. 2013. Skogsbrukets transporter 2010. – Forestry transports in 2010. 91 s.
- Nr 792 Nordström, M. & Möller, J.J. 2013. Kalibrering av skördarens mätsystem. – En kartläggning av nuläge och utvecklingsbehov. A review of current status and development needs. 15 s.
- Nr 793 Lombardini, C., Granlund, P. & Eliasson, L. 2013. Bruks 806 STC. 0150 – Prestation och bränsleförbrukning. 9 s.
- Nr 794 Fridh, L. 2013. Kvalitetssäkrad partsmätning av bränsleved vid terminal. – Quality-assured measurement of energy wood at terminals. 32 s.
- Nr 795 Hofsten von, H. & Brantholm, M.-Å. 2013. Kostnader och produktivitet i stubbskörd – En fallstudie. 9 s.
- Nr 796 Brunberg, T. & Iwarsson Wide, M. 2013. Underlag för prestationshöjning vid flerträds-hantering i gallring. – Productivity increase after multi-tree handling during thinning. 7 s.
- Nr 797 Jacobson, S. & Filipsson, J. 2013. Spatial distribution of logging residues after final felling – Comparison between forest fuel adapted final felling and conventional final felling methods. 18 s. Trädresternas rumsliga fördelning efter slutavverkning. – Jämförelse mellan bränsleanpassad och konventionell avverkningsmetod. 18 s.
- Nr 798 Möller, J. Arlinger, J. 2013. Test av StanForD 2010 implementation i skördare.
- Nr 799 Björheden, R. 2013. Är det lönsamt att täcka groten? Effekten av täckpappens bredd på skogs bränslets kvalitet.
- Nr 800 Almqvist, C. 2013. Metoder för tidig blomning hos tall och gran. – Slutrapport av projekt 40:4 finansierat av Föreningen skogsträdsförädling. 24 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar 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

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 800-2013



www.skogforsk.se