

# PRODUKTION AV FRÖ OCH PLANTOR



**Skogsskötselserien** är en sammanställning för publicering via Internet av kunskap om skogsskötsel utan ställningstaganden eller värderingar.

Texterna har skrivits av forskare och har bearbetats redaktionellt både sakligt och språkligt. De är upphovsrättsligt skyddade och får inte användas för kommersiellt bruk utan medgivande.

I Skogsskötselserien ingår:

1. Skogsskötselns grunder och samband
2. *Produktion av frö och plantor*
3. Plantering av barrträd
4. Naturlig föryngring av tall och gran
5. Sådd
6. Röjning
7. Gallring
8. Stamkvistning
9. Skötsel av björk, al och asp
10. Skötsel av ädellövskog
11. Hyggesfritt skogsbruk
12. Skador på skog
13. Skogsbruk – mark och vatten
14. Naturhänsyn
15. Skogsskötsel för friluftsliv och rekreation
16. Produktionshöjande åtgärder
17. Skogsbränsle
18. Skogsskötselns ekonomi
19. Skogsträdsförädling
20. Slutavverkning

Skogsskötselserien har tagits fram med finansiering av Skogsstyrelsen, Skogsindustrierna, Sveriges lantbruksuniversitet och LRF Skogsägarna. Bidrag har även lämnats av Energimyndigheten för behandling av frågor som rör skogsbränsle och av Stiftelsen Skogssällskapet.

Omarbetningar (revisioner) för att ta fram andraupplagor har till stor del även bekostats av Erik Johan Ljungbergs Utbildningsfond och Stiftelsen Skogssällskapet.

### **Skogsskötselserien – Produktion av frö och plantor**

Första upplagan, december 2008

Andra omarbetade upplagan, januari 2016

Författare:

Ulfstand Wennström, FilDr, forskare, Skogforsk  
 Karin Hjelm, FilDr, forskare, Skogforsk och SLU  
 Anders Lindström, professor, Högskolan Dalarna  
 Eva Stattin, SkogDr, skogsskötselspecialist, Stora Enso Skog AB

© Ulfstand Wennström, Karin Hjelm, Anders Lindström, Eva Stattin och Skogsstyrelsen

Redaktör: Clas Fries, Skogsstyrelsen

Typografisk formgivning: Michael Ernst, Textassistans AB

Grafisk profil: Louise Elm, Skogsstyrelsen

Diagrambearbetning, layout och sättning: Bo Persson, Skogsstyrelsen

Foto omslag: Ulfstand Wennström, växthus i Nässja plantskola

Utgivning: Skogsstyrelsen, [www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien](http://www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien)

## Innehåll

PRODUKTION AV FRÖ OCH PLANTOR.....	5
Fröproduktion .....	6
Bestandsfrö .....	6
Fröplantager .....	7
Bakgrundspollinering.....	7
TreO – tredje omgångens fröplantager .....	7
Särplockning .....	9
Kontrollerade korsningar .....	10
Tilläggs-pollinering.....	10
Somatiska embryon.....	11
Förflyttningsrekommendationer.....	11
Plantmaterial för olika förhållanden .....	12
Tallens hösthårdighet styr .....	12
Vårens froster värst för granen .....	13
Rikslängden, stambrev och handel med frö .....	13
Tallens och granens fröcykel.....	16
Tallens fröcykel.....	16
Tallens befruktning .....	18
Granens fröcykel.....	18
Frömognad .....	20
Analys och skador på kott och frö .....	21
Kottanalys .....	21
Röntgenanalys.....	21
Kott- och fröinsekter.....	22
Rostsvampar.....	24
Kottinsamling.....	24
Kott- och fröprognos.....	24
Planera i tid .....	26
Kottinsamling i bestånd .....	26
Kottinsamling i fröplantager .....	27
Från kotte till frö .....	29
Kotthantering .....	29
Klängning.....	29
Våtavingning.....	31
Rensning .....	31
Prevac.....	32
Grankåda.....	33
Grobarhetsanalys.....	33
Frölagring.....	34
Frökvalitet.....	34
Kvalitetshöjande åtgärder .....	35
Fraktionering.....	35
Vitalisering.....	35
IDS-behandling.....	36
Uppvattningssortering.....	38
Plantodling .....	39

Plantkvalitet .....	39
Planttyper .....	39
Täckrotsplanta.....	40
Barrotsplanta.....	41
Hybridplantan .....	43
Grunden för växtproduktion .....	44
Fotosyntes och andning.....	44
Transpiration.....	45
Utgångsmaterial vid plantodling.....	46
Frömaterial.....	46
Sticklingar.....	47
Somatisk embryogenes .....	48
Faktorer som påverkar plantans tillväxt.....	49
Odlingssubstrat .....	49
Substratets egenskaper.....	49
Näring .....	53
Bevattning.....	55
Luftfuktighet.....	56
Temperatur .....	56
Ljus .....	57
Odlingstätheten styr plantstorleken.....	60
Odlingsbehållare .....	61
Behållarens utformning.....	61
Rotstyrning.....	62
Alla plantor drabbas av instabilitet .....	64
Rotbeskärning.....	64
Behandling mot snytbagge.....	64
Lagring.....	65
Lagringsmiljöer.....	66
Härdning .....	68
Odlingsregimen.....	68
Metoder att bedöma lagringsbarhet .....	69
Knoppbrytningstester.....	70
Torrsustanshalt .....	70
Bestämning av frystolerans.....	71
Genaktivitet.....	71
Vitalitetstest efter lagring.....	72
RGC-test .....	72
Morfologiska studier.....	72
Övriga tester.....	73
Etablering i fält .....	74
Planthantering.....	74
Rotsystemets betydelse .....	74
Litteratur .....	76

# PRODUKTION AV FRÖ OCH PLANTOR

## Beståndsfrö och plantagefrö

Beståndsfrö kallas frö som samlas in i vanliga produktionsskogar, ofta vid slutavverkning. Fröplantager är anlagda med utvalda träd, så kallade plusträd, vanligen klonade, med skötseln inriktad på att maximera produktionen av högkvalitativt frö. Plantagefrö har därför oftast betydligt högre och jämnare frökvalitet än beståndsfrö.

## Högre tillväxt med plantagefrö

Att plocka frö från plusträd ger en genetisk vinst. Avkommor från första generationens fröplantager, anlagda med plusträd, har i försök gett ca 10 % högre tillväxt än bästa proveniens i genomsnitt. Vinsten med att använda frö från den nyligen anlagda tredje omgångens (TreO) plantager, anlagda med testade plusträd, beräknas bli ca 21 % räknat med 40 % bakgrundspollen (så kallade vildpollen från omgivande oförädlade bestånd).

## Förflyttningsrekommendationer bör följas

Trädens skottskjutning styrs främst av vårens temperaturklimat. Tidpunkten för höstens knoppsättning styrs främst av dagslängden. Det är därför viktigt att välja frö och plantor som är anpassade till odlingslokalen.

## Kvalitetshöjande åtgärder för frö

Efter kottinsamling och extraktion av fröet görs en groningsanalys. Eftersom tillgång på och kvalitet av frö varierar mellan år lagras frö. Frökvaliteten kan höjas genom till exempel vitalisering som höjer fröets groningshastighet och gör att fröna gror mer samtidigt eller med IDS-behandling där även döda frön sorteras bort. Storleksfraktionering av frö underlättar vid mekanisk sådd.

## 375 miljoner skogsplantor

Idag produceras årligen runt 375 miljoner skogsplantor i Sverige. De används för att förnygra ungefär 75 % av landets årliga förnygringsareal. Det finns barrotsplantor, täckrotsplantor och så kallade hybridplantor.

## Utgångsmaterial vid plantodling

Det vanligaste är att man startar odlingen av plantor med sådd av frö, men man kan också föröka plantor vegetativt genom att ta sticklingar eller via så kallad somatisk embryogenes.

## Faktorer som påverkar plantans tillväxt

En plantas tillväxt i plantskolan beror på flera faktorer: odlingssubstrat, odlingsbehållare och odlingsstäthet, näringstillförsel, bevattning, luftfuktighet, temperatur och ljus.

## Lagring

När tillväxtsången är slut eller när plantorna har uppnått önskvärd storlek ska de lagras, antingen i kyl, frys eller på friland. Vitaliteten hos plantorna avgörs till stor del av hur väl plantorna klarat lagringen, som i sin tur påverkas av odlingsregimen.

*Delen "Produktion av frö och plantor" i Skogsskötselserien har skrivits av fyra personer. Avsnittet om fröproduktion har skrivits av Ulfstand Wennström och avsnittet om plantodling har skrivits av Karin Hjelm, Anders Lindström och Eva Stattin.*

## Fröproduktion

I Sverige produceras runt 375 miljoner plantor för skogsproduktion, varav huvuddelen (93 %) är gran och tall<sup>1</sup>. För att odla dessa behöver vi samla in runt 5 300 hektoliter, motsvarande 5 300 badkar, tall och grankottar årligen. Huvuddelen av kotten skördas i genetiskt förädlade fröplantager.

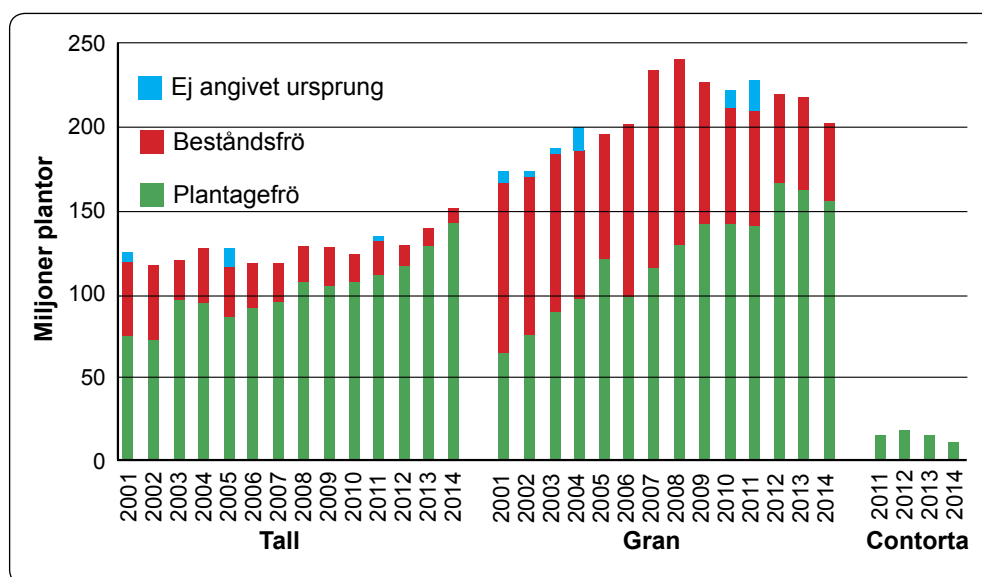
Föryngringar planterade med plantagefröplantor ger 10–20 % högre tillväxt än om de var planterade med beståndsfröplantor. Svenska plantskolor har en högt ställd ambitionsnivå och sår i regel bara ett frö i varje odlingsbehållare, vilket ställer höga krav på frökvaliteten. Skördade kottar klängs, fröna avvingas och rensas tills renheten är 100 %. För att höja kvaliteten ytterligare kan fröerna till exempel fraktioneras, vitaliseras eller IDS-behandlas.

I första delen ”Fröproduktion” skildras processen från kotte till frö. I andra delen ”Plantproduktion” beskrivs förloppet från frö till planta.

## Beståndsfrö

Med beståndsfrö menas allt frö som samlas in i vanliga produktionsskogar, även om beståndet var anlagt med plantagefrömaterial. Ungefär 8 % av plantproduktionen av tall och ca 24 % av gran härrör från beståndsfrö (figur FP1). Trenden är en sjunkande andel.

För tall är det främst i norr, där det ännu är brist på hårdigt plantagefrömaterial, som vi använder beståndsfrö. För gran är bristen av plantagefrömaterial mera jämnt fördelad. En stor del av det frö som används för skogsådd är beståndsinsamlat material men ofta i blandning med plantagefrö.



Figur FP1 Antal försålda plantor av tall, gran och contortatall i Sverige fördelat på fröets härkomst åren 2001–2014.<sup>2</sup> För perioden 2001–2010 saknas statistik för contortatall.

<sup>1</sup> Skogsstatistik Årsbok 2007–2014. 2007–2014. Skogsstyrelsen.

<sup>2</sup> Skogsstatistik Årsbok 2014. 2014. Skogsstyrelsen.

## Fröplantager

I en fröplantage sköts träden för att maximera produktionen av högkvalitativt frö. Av det skälet är de flesta fröplantager anlagda på åkermark i milda klimatlägen. Ofta beskärs träden för att hålla skörden nära marken och för att möjliggöra ett högt stamantal och bibehålla ett högt klonantal. Åtgärder som gödsling och körning med slaghack hör till rutinåtgärder. Frö insamlat i fröplantager har som regel betydligt högre och jämnare kvalitet än frö insamlat i bestånd.

Den första och en stor del av andra omgångens tall- och granfröplantager anlades med fenotypiskt<sup>3</sup> valda plusträd valda i skogen. Så är även plantager för de flesta andra trädslag anlagda. Kriterierna för tall- och granplusträd var att de skulle vara förväxande, ha god kvalitet och vara fria från skador. Från plusträdens toppar samlades ympgris (kvistar) som ympades på grundstammar i många kopior och planterades i fröplantager.

Avkommor från dessa, första generationens fröplantager, har i försök visat ge ca 10 % högre tillväxt än bästa proveniens i genomsnitt.<sup>4</sup> En del av vinsten, ca 6 procentenheter, förklaras av plusträdsvalet. Resterande 4 % förklaras av den så kallade plantageeffekten.

Plantageeffekten består dels av vinster kopplade till den goda frökvaliteten, dels av vinster av att träden i en plantage är valda från ett stort geografiskt område och är obesläktade med varandra (*heterosis*). I en naturligt uppkommen skog är närstående träd ofta är mer eller mindre släkt med varandra.<sup>5</sup>

## Bakgrundspollinering

Trots idoga försök att isolera plantagerna från oförädlad pollen med härkomst utanför plantagen sker en betydande bakgrundspollinering i plantagerna. I en uppvuxen plantage har bakgrundspollineringen skattats till ca 40 %, men den kan variera stort mellan år.<sup>6,7</sup> Bakgrundspollineringen reducerar den beräknade plusträdsvinsten med en faktor 0,8. Plantageeffekten består dock oförändrad.

Sammantaget ger den första generationens fröplantager en skattad vinst på  $0,8 \times 6 + 4 = 8,8$  % efter reduktion för bakgrundspollinering.

## TreO – tredje omgångens fröplantager

Idag anläggs den tredje omgångens fröplantager för tall och gran, eller TreO (uttalas tre-o, o som i omgång) som den också kallas. TreO anläggs med utvalda testade plusträd. Med testat plusträd menas att avkommor från trädet testats i avkommeförsök tillsammans med avkommor från andra plusträd. Vanligen testas varje plusträd på 3–5 lokaler, mitt i och strax utanför sitt

<sup>3</sup> Fenotyp beskriver summan av miljö och genetik, det vill säga hur trädet ser ut. Begreppet kan även innefatta ”dolda” egenskaper som fiberlängd, fibervinkel, med mera.

<sup>4</sup> Danell, Ö. 1993. Förädlingsvinster och diversitet. I: Produktion av förädlad frö. Skogforsk, Redogörelse 3–1993, s. 11–16.

<sup>5</sup> García-Gil, M.R., Oliver, F., Kamruzzahan, S. och Waldman, P. 2009. Joint analysis of spatial genetic structure and inbreeding in a managed population of Scots pine. *Heredity* 103, s. 90–96.

<sup>6</sup> Eriksson, U. 1993. Blomning och pollinering i fröplantager. I: Produktion av förädlad frö. Skogforsk, Redogörelse 3–1993, s. 20–23.

<sup>7</sup> Funda, T., Wennström, U., Almqvist, C., Torimary, T., Andersson Gull, B. och Wang, X.-R. 2015. Low rates of pollen contamination in a Scots pine seed orchard in Sweden: the exception or the norm? *Scand. J. For. Res.* 30(7), s. 573–586.

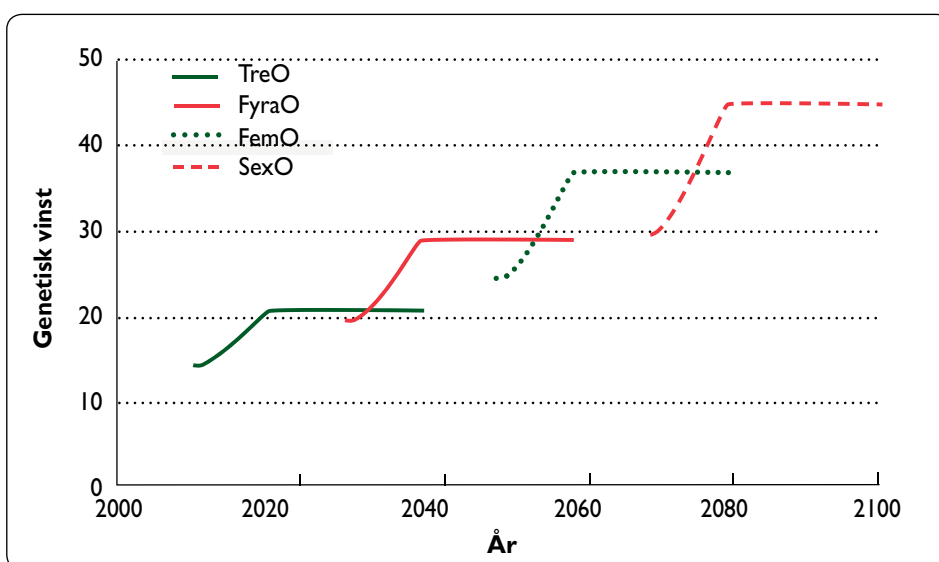
tänkta användningsområde. För att skapa utrymme för framtida klimatförändringar väljs generalister, det vill säga träd som är bra både i och strax utanför det tilltänkta användningsområdet.

På varje utvalt tallplusträd till en fröplantage går det ca 30 testade träd. För gran kan det gå flera hundra träd på varje utvalt träd, men träden har då testats familjevis i klonförsök med sticklingar och antalet syskongrupper är ungefär som för tallen, det vill säga ca 30 stycken.

Vinsten med att använda TreO-frö är ca 20 % inberäknat 40 % bakgrundspollinering ( $0,8 \times 21 + 4 = 20,8 \%$ ) Om bakgrundspollineringen reduceras är vinsten ca 25 %.

Förädlingsarbetet kommer att fortsätta genom att nya plantageomgångar anläggs i takt med att förädlingsframstegen är stora nog att motivera ny plantageanläggning, vilket beräknas bli vart 20:e år. Det tar ungefär 15–20 år för en plantage att nå full produktion och en plantage producerar frö i ytterligare ca 20 år.<sup>8,9</sup>

Förädlingsvinsten beräknas bli ca +10 procentenheter per plantageomgång, åtminstone i de tre närmaste omgångarna (figur FP2). Bakgrundspollinering gör dock att en del av vinsten går förlorad. Försöksverksamhet pågår för att minska andelen bakgrundspollen.



Figur FP2 Beräknad genetisk vinst ur tredje (TreO), fjärde (FyrO), femte (FemO) och sjätte (SexO) omgångens fröplantager inberäknat bakgrundspollinering. I figuren antas omgångarna anläggas vart 20:e år med start år 2000. Plantagerna antas ge skörd från år 10 efter anläggning och att bakgrundspollineringen sjunker linjärt från 100 % år 10 till 40 % år 20 och därefter.<sup>10</sup>

<sup>8</sup>Almqvist, C., Rosvall, O. och Wennström, U. 2007. Fröplantager – anläggning och skötsel. Skogforsk.Handledning, 97 s.

<sup>9</sup>Almqvist, C. och Högberg, K.-A. 2010. Hur sker massförökning? I: Skogsskötselserien del 18, s. 61–79.

<sup>10</sup> Rosvall, O. och Wennström, U. 2008. Förädlings effekter för simulering med Hugin i SKA08. Skogforsk, Arbetsrapport 665, 37 s.

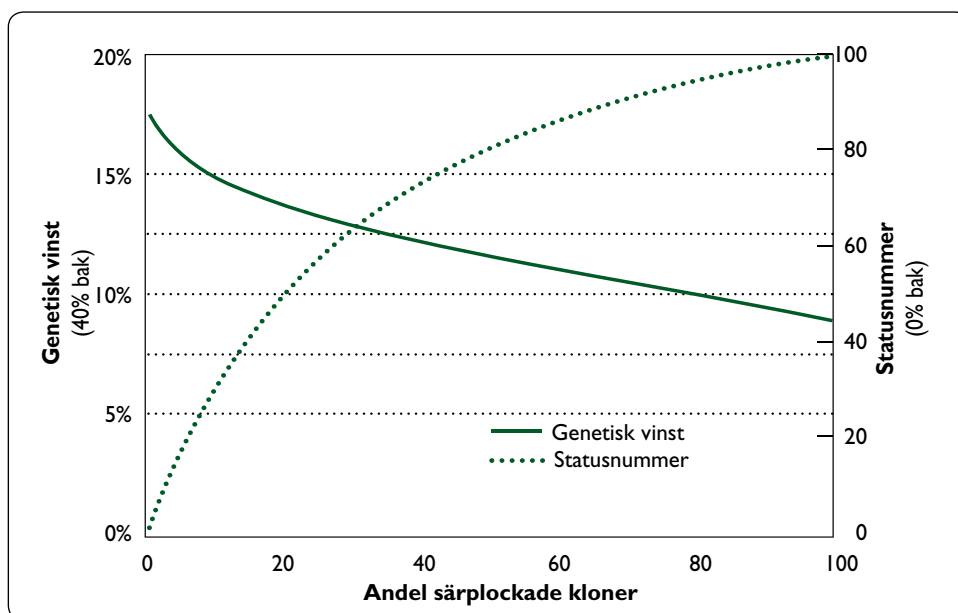


## Särplockning

Det kommer att dröja till runt år 2025 innan TreO-plantagerna kan täcka behovet av tallfrö för hela Sverige men det finns ett ordentligt överskott av frö från den första och andra omgångens fröplantager för större delen av Sverige.<sup>11</sup> Genom särplockning, det vill säga skörd av frö från de bästa träden i den första och andra omgångens fröplantager, vilka många gånger är samma träd som ingår i TreO-plantagerna, kan vinsten höjas avsevärt (figur FP3).

Vid särplockning är det viktigt att se till att den genetiska diversiteten<sup>12</sup> inte blir för smal. En orsak är att ett bestånd uppodlat med frömaterialet någon gång i framtiden ska kunna lämnas som till exempel fröträd eller lämnas helt för fri utveckling, det vill säga återgå till någon form av ”urskog”. Man vill ha en tillräcklig genetisk bredd som en beredskap för framtida påfrestningar som skador och sjukdomar. Ett mått på genetisk diversitet är statusnummer. Med statusnummer räknar man om diversiteten till hur många obesläktade individer diversiteten motsvarar. Den genetiska diversiteten i ett frömaterial bör ligga över statusnummer 16.<sup>13</sup>

Eftersom det i första och andra generationens fröplantager oftast finns ett stort antal fäder i plantagerna blir den genetiska diversiteten hög även om man skördar frö från ett fåtal kloner. I en plantage med 100 kloner bör man därför skörda från minst 5 kloner. Det ger en skörd motsvarande 17 obesläktade träd vid 0 % bakgrundspollinering. Med ökad bakgrundspollineringen ökar diversiteten.



Figur FP3 Genetisk vinst och statusnummer vid särplockning i en första generationens fröplantage med 100 fenotypiskt valda träd. För att inte överskatta den genetiska diversiteten har bakgrundspollineringen satts till 0 %. Ökar bakgrundspollineringen ökar också statusnumret.

<sup>11</sup> Wennström, U. och Rosvall, O. 2006. Högre vinster med offensivt utnyttjande av tallfröplantager. Skogforsk, Resultat nr 16, 2006

<sup>12</sup> Mått på den genetiska variationen. Med hög genetisk diversitet menas att det finns många olika gener i populationen. Med låg diversitet menas att det är få gener. I extremfallet har alla individer samma genuppsättning, t ex en dunge med rotskott av asp.

<sup>13</sup> Lindgren, D. och Prescher, F. 2004. Optimal clone number for seed orchards with tested clones. *Silva Genetica* 54:2, s. 80–92.

**Läs mer om anläggning och skötsel av fröplantager i:**

Almqvist, C., Rosvall, O. och Wennström, U. 2007. *Fröplantager – anläggning och skötsel*. Skogforsk.Handledning, 97 s.

Almqvist, C. och Högberg, K.-A. 2010. Hur sker massförökning? I: Skogsskötselserien del 18, s. 61–79.

**Kontrollerade korsningar**

Ett sätt att helt undvika bakgrundspollinering är att göra kontrollerade korsningar. Kontrollerade korsningar gör man genom att tidigt isolera honblomman från externt pollen och när blomman är mottaglig pollinera med utvalt pollen. Produktion av kontrollerade korsningar är dock mycket dyrt och görs mest i forskningsyfte och i genetiskt förädlingsarbete. Metoden används kommersiellt bland annat i USA:s sydstaterna med *Pinus elliotti* där man gör sticklingar av de kontrollerade korsningarna och får på så sätt ned frökostnaden per producerad planta avsevärt.

Ett annat sätt att isolera blommorna är att anlägga plantagen i växthus. Det görs lämpligen med mobila ympar. Ymparna lyfts in i växthus året innan blomning vid lämplig tidpunkt för blomningsstimulering. Med blomningsstimulering, såsom hög värme, torkstress, gödsling och gibberelliner (blomningsstimulerande hormon) kan antalet blommor ökas avsevärt. Ymparna övervintras på friland. För att minimera risken för bakgrundspollinering lyfts ymparna in i växthus i tid så att de blommar före omgivande träd. Pollinering sker med utvalt pollen, ofta en mix av pollen från flera träd för att öka diversiteten. Metoden används för björk och i försök för gran och tall.

Försök med mobila tält i fröplantager har provats bland annat i tallfröplantagen FP-123 Klocke.<sup>14</sup> Metoden är ungefär densamma som för växthusplantager. Träden drivs till att blomma före omgivande träd. Nya lyckade storskaliga försök att helt reducera bakgrundspollineringen har genomförts genom att bygga långa tunneltält över plantageträden och driva träden till blom en vecka före normal blomning.<sup>15</sup>

**Tilläggs-pollinering**

Med tilläggs-pollinering menas att man tillför utvalt pollen direkt på träden i plantagen.<sup>16</sup> Metoden är provad i storskaliga försök och kan reducera bakgrundspollineringen och samtidigt öka den genetiska kvaliteten och diversiteten. Med tilläggs-pollinering kan man tillföra pollen från utvalda träd som inte är representerade i plantagen. Vid tilläggs-pollinering är det viktigt att den sker vid rätt tidpunkt. Det gäller att pollinera när blommorna är som mest mottagliga. Storskaliga försök visar att träffsäkerheten är 25–30 %.

Kostnaden för tilläggs-pollinering är ca 1–3 öre per skördat frö.

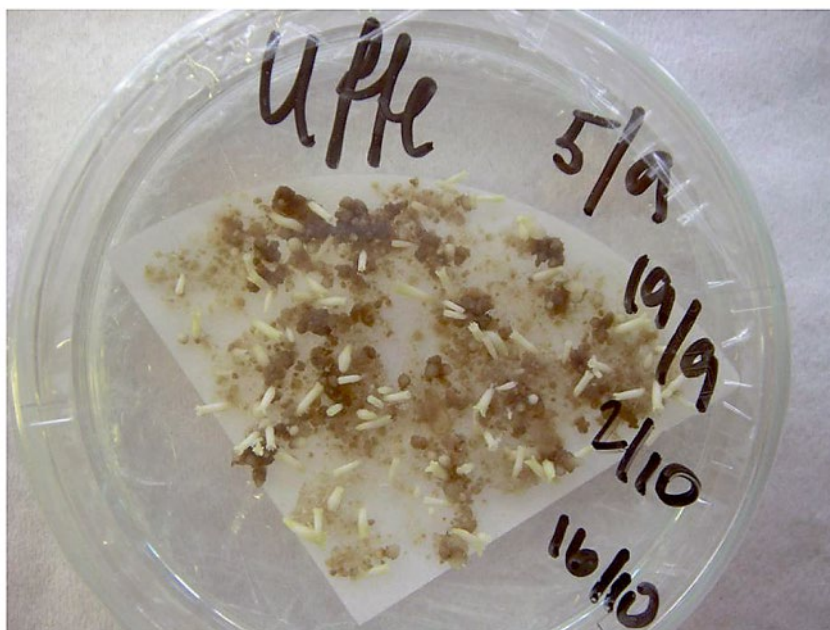
<sup>14</sup> Eriksson, U. och Wilhelmsson, L. 1991. Slutrapport till skogsbrukets forskningsfond för anslag nr 128, ”Styrd pollinering och kontrollerad fröframställning”. Institutet för skogsförbättring, Arbetsrapport nr 243, 27 s.

<sup>15</sup> Torimaru, T., Wennström, U., Andersson, B., Almqvist, C. och Wang, X.-R. 2013. Reduction of pollen contamination in Scots pine seed orchard crop by tent isolation. *Scand. J. For. Res.* 28, s. 715–723.

<sup>16</sup> Eriksson, U. 1993. Utveckling av nya konventionella plantager. I: Produktion av förädlad frö. Skogforsk, Redogörelse 3–1993, s. 28–32.

## Somatiska embryon

Somatiska embryon är ”konstgjorda frön” framställda från cellodling i laboratorium (figur FP4). Metoden har använts på bland annat björk och försök pågår med storskalig odling av gran från somatiska celler. En fördel med somatiska embryon är att man kan göra ett nära obegränsat antal kopior och att materialet inte åldras på samma sätt som vid kloning genom sticklingsproduktion.<sup>17</sup>



Figur FP4 Odling av somatiska embryon av gran i steril miljö. Foto Ulfstand Wennström.

## Förflyttningsrekommendationer

För de flesta av våra skogsträd styrs vårens skottskjutning främst av temperaturklimatet medan tidpunkten för höstens knoppsättning främst styrs av dagslängden. Sverige sträcker sig från 55:e breddgraden i söder till 69:e i norr, med ädellövskogar i söder och tundra i norr. Vi har alltså stora klimatskillnader och träden har anpassat sig till det lokala klimatet. En tall från Skåne klarar sig inte bra i Lappland och vice versa.

Träden är dock inte alltid perfekt anpassade för det lokala klimatet när det gäller produktion av virke. Det kan dels bero på att vårt sätt att föryngra, oftast på hyggen, inte alltid liknar det ”naturliga” föryngringssättet som träden anpassats för.

Träden räknar inte heller ekonomin på samma sätt som människan gör. Det naturliga urvalet är inte styrt mot maximerad timmerproduktion till lägsta kostnad.

Vidare förändras klimatet ständigt och träden hinner inte alltid anpassa sig. Efter senaste istiden har vi både haft en värmeperiod som resulterat i ädellövskog långt upp i Norrland och en köldperiod som trängt ädellövet söderut.

<sup>17</sup> Se vidare avsnittet Somatisk embryogenes i avsnittet *Utgångsmaterial för plantproduktion*, och del 19 i Skogsskötselserien, *Skogsträdsförädling*.

De flesta av skogsträden är dessutom vindpollinerande vilket till viss del motverkar en lokal anpassning. Pollen kan flyga miltals och ändå vara vitalt. Koski uppmätte i en studie att tallpollen transporterats 70 mil, från Södermanland till Jvaskylä, under loppet av 12 timmar.<sup>18</sup>

### Plantmaterial för olika förhållanden

I söder är perioden mellan vinter och sommar betydligt längre än i norr. För att inte plantorna ska börja växa för tidigt på våren och skadas av vårfroster har därför ett sydligt plantmaterial som regel högre temperatursummekrav för tillväxtstart än ett nordligt. Ett nordförflyttat material har därför senare skottskjutning än ett lokalt material.

I norr är nätterna kortare än i söder hela perioden från vårdagjämning till höstdagjämning. Flyttar man ett plantmaterial från söder till norr kommer plantorna på hösten att invintra senare än det lokala materialet.

Ett sydligt plantmaterial som planterats på nordlig lokal, skjuter således skott senare på våren och invintrar senare på hösten än ett lokalt material. Som regel får de plantor som överlever nordförflyttningen en längre tillväxtsäsongs och en högre tillväxt än det lokala materialet. Flyttar man samma plantmaterial söderut får man den omvända effekten, nämligen tidigare skottskjutning på våren, tidigare invintring på hösten samt en lägre tillväxt än lokalt material.

### Tallens hösthärdighet styr

För tallen i norr är det främst härdigheten under hösten som styr överlevnaden. Därför flyttar man oftast tallen söderut på bekostnad av lite lägre tillväxt. Även om tillväxten sänks något så producerar ett levande träd mer än ett dött träd. I till exempel Arjeplog (66 °NB, 450 m.ö.h.) är den optimala förflyttningen ca 3 breddgrader söderut vid val av ett beståndsfrö.<sup>19</sup>

Med 3 breddgraders sydförflyttning ökar man den förväntade överlevnaden från 29 % med lokalt plantmaterial till 62 % med plantor från 69:e breddgraden.

Tallens höjdursprung har mycket liten inverkan på härdighet och tillväxt.<sup>20</sup> Frömnagnaden är negativt korrelerad till altitud (höjd över havet).<sup>21</sup> Det är därför klokt att inte samla kott på höjdlägen utan på lägre altituder under år då frömnagnaden är begränsad. Som en ren försiktighetsåtgärd kan det dock vara klokt att undvika att använda riktigt kustnära provenienser i fjällnära skogar.

<sup>18</sup> Koski, V. 1970. A study on pollen dispersal as mechanism of gene flow in conifers. *Comm. Int. For. Fenn.* 70:4, 78 s.

<sup>19</sup> Plantval, web-baserat verktyg för val av skogsodlingsmaterial av tall, gran, björk och contortatall. Tillgängligt via: [www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se).

<sup>20</sup> Sundblad, L.-G. och Andersson, B. 1995. No difference in frost hardness between high and low altitude *Pinus sylvestris* (L.) offspring. *Scand. J. For. Res.* 10, s. 22–26.

<sup>21</sup> Almquist, C., Bergsten, U., Bondesson, L. och Eriksson, U. 1998. Predicting germination capacity of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seeds using temperature data from weather stations. *Can. J. For. Res.* 28, s. 1530–1535.

## Vårens froster värst för granen

Granen däremot har främst problem med vårens froster. Därför flyttas granen norrut och vinner på så sätt både överlevnad och ökad tillväxt. I södra Sverige används därför ofta östeuropeiska provenienser. Höjdursprungets inverkan på granens härdighet och tillväxt är inte fullt utredd ännu. De försök som finns visar dock ännu så länge inte att höjdursprunget har någon inverkan. Tills motsatsen är bevisad, har man av försiktighetsskäl kvar höjdursprunget i användningsrekommendationen.

Om plantagefrö anpassat för lokalen används får man både optimerad förflyttning samt en genetisk vinst.

### Plantval – ett användbart verktyg

Plantval är ett verktyg för att räkna ut optimal fröplantage vid beståndsanläggning eller optimal förflyttning av beståndsmaterial för valfri förnyngslokal i Sverige.<sup>22</sup> Plantval finns på Skogforsks hemsida.<sup>23</sup>

I Plantval finns funktioner för både tall, gran, contortatall och vårtbjörk. Plantval är dock inte utformat för att välja mellan trädslag. Arbete pågår för att även ta med Finland och finska plantager i Plantval för tall. För gran har ett samarbete inletts med Finland, Norge, Estland, Lettland och Litauen för att undersöka möjligheterna att även göra ett utvidgat Plantval för gran.

## Rikslängden, stambrev och handel med frö

### Frökällor

Grundregeln är att endast skogsodlingsmaterial från frökällor som är godkända av något medlemsland i EU får saluföras i Sverige. En frökälla kan ge upphov till såväl frö som växtdelar för vegetativ förökning. I Sverige är det Skogsstyrelsen som efter ansökan prövar och godkänner nya frökällor. Kostnader som uppkommer i samband med prövningen betalas av sökanden.

Samtliga svenska godkända frökällor finns registrerade i Rikslängden.<sup>24</sup> Det finns sex olika typer av frökällor: frötäktssområde, frötäktsbestånd, fröplantage, föräldraträd till en familj, klon och klonblandning (tabell FP1). Frökällorna delas in i kategorier beroende på hur väl kända deras genetiska egenskaper är. I Sverige tillhör frötäktsbestånd kategorin beståndsutvalt medan fröplantage kan vara individutvalt eller testat. Övriga frökällor kan liksom fröplantage tillhöra kategorin individutvalt eller testat.

För beståndsinsamlat material gäller för alla trädslag indelning av landet i fem frötäktssområden (tillika härkomstområden), nämligen Götaland, Svealand, södra Norrland, mellersta Norrland och norra Norrland. Beståndsfrö ska åtföljas av uppgift om insamlingskoordinater fram till slutanvändaren.

Om man vill ändra klonsammansställningen i en fröplantage genom gallring eller särplockning måste ansökan om godkännande av ny frökälla prövas och godkännas av Skogsstyrelsen.

<sup>22</sup> Andersson, B. 2010. Skogsträdsförädlingen anpassas till ett varmare klimat. Skogforsk, Resultat 9-2010, 4 s.

<sup>23</sup> [www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se).

<sup>24</sup> Se: Skogsstyrelsens hemsida. Tillgänglig på: [www.skogsstyrelsen.se](http://www.skogsstyrelsen.se).

*Tabell FPI* Olika typer av frökällor och kategorier av skogsodlingsmaterial. Grå punkt anger tillåtna kombinationer.

Kategori	Känd härkomst	Beståndsutvalt	Individutvalt	Testat
<b>Frökälla</b>				
Frötäktsområde	●			
Frötäktbestånd	●	●		●
Fröplantage			●	●
Föräldratråd			●	●
Klon			●	●
Klonblandning			●	●

### Handel och stambrev

Den som yrkesmässigt saluför eller importerar skogsodlingsmaterial ska vara registrerad hos Skogsstyrelsen. Svenskt stambrev utfärdas för frö och växtdelar (vegetativ förökning) som producerats i Sverige från en godkänd frökälla och för skogsodlingsmaterial importerat från vissa tillåtna länder utanför EU. Stambrev utfärdas av Skogsstyrelsen efter ansökan. Stambrev som utfärdats i ett EU-land gäller i hela EU.

Stambrevet är ett certifikat med uppgifter om skogsodlingsmaterialets härkomst och syftet är att säkerställa att denna uppgift åtföljer materialet ända till slutanvändning. Markägaren ska i framtiden, via uppgifterna i stambrevet, kunna identifiera sitt bestånds härkomst.

För att stambrev för svenskt frö ska kunna utfärdas krävs även att det finns insamlingsintyg och i förekommande fall klängningsintyg.

### Kvalitet

Plantor får endast saluföras om de är lämpliga för anläggning av ny skog och om de håller god kvalitet. Plantor får inte säljas om de har allvarliga skador på rothals, stam, barr, toppskott eller toppknopp. Detsamma gäller om de saknar toppskott eller frisk toppknopp, om plantan har dubbelstammar eller kraftigt deformerade rötter samt om det råder obalans mellan rot- och ovanjordsdel.

### Dokumentation och märkning

Varje parti av ett skogsodlingsmaterial ska i alla produktionsled, vid lagerhållning och vid saluföring vara märkt enligt gällande regler.

Vid produktion och lagerhållning ska varje parti vara på så sätt märkt, eller vara försett med hänvisning till lättillgänglig information, att det finns uppgift om stambrevsnummer, trädslag, kategori, ändamål, typ av frökälla, identitetsbeteckning för frökällan eller härkomstområde och insamlingskoordinater, ursprung, mognadsår (gäller frö), ålder och typ (gäller plantor) samt eventuell genetisk modifiering.

Vid saluföring ska skogsodlingsmaterialet vara märkt med etikett eller åtföljas av dokument med ovanstående uppgifter. Därutöver ska uppgift finnas

om leverantörens namn, levererad mängd samt eventuell vegetativ förökning.

För frö gäller dessutom att etiketten eller dokumentet ska innehålla uppgift om renhet, grobarhet, 1 000-kornvikt samt antal grobara frön per kg. Frö får endast saluföras i förpackningar som är förslutna på ett sådant sätt att de inte kan återförslutas sedan de öppnats.

### **In- och utförsel inom EU**

All införsel från och utförsel till ett annat EU-land ska anmälas till Skogsstyrelsen inom två veckor från det att materialet transporterats över gränsen.

Anmälan ska göras på särskild blankett och innehålla datum för in- respektive utförseln, stambrevsnummer, mängd, trädslag, land, leverantör och mottagare samt uppgift om materialet är avsett för vidareöverlåtelse eller egen användning. Till anmälan ska bifogas kopia på de dokument som enligt ovanstående ska åtfölja ett parti skogsodlingsmaterial vid försäljning.

### **Import från land utanför EU**

Skogsstyrelsen prövar ansökningar om import av skogsodlingsmaterial från land utanför EU. Import kan endast ske av vissa arter och från vissa länder. Ansökan görs på särskild blankett. Den som av Skogsstyrelsen fått införseltillstånd skall senast två veckor efter det att materialet förts in anmäla detta till Skogsstyrelsen.

Anmälan ska göras på särskild blankett och innehålla uppgifter om införseltillståndets nummer, datum för införseln, den mängd som förts in samt uppgift om materialet är avsett för vidareöverlåtelse eller egen användning. Till anmälan ska bifogas tull- eller leveranshandlingar som styrker införd mängd.

### **Svensk lagstiftning**

Produktion av och handel med skogsodlingsmaterial regleras i svensk lagstiftning enligt EU-direktiv 99/105/EC om saluföring av skogsodlingsmaterial. Närmare beskrivning finns i skogsvårdslagen (1979:429), skogsvårdsförordningen (1993:1096), Skogsstyrelsens föreskrifter om produktion för saluföring, saluföring samt införsel för saluföring av skogsodlingsmaterial (SKSFS 2002:2, ändrad senast genom SKSFS 2008:2) och Skogsstyrelsens föreskrifter om avgifter vid handel med skogsodlingsmaterial samt för tillsyn och kontroll av produktion av och handel med skogsodlingsmaterial (SKSFS 1998:2, ändrad senast genom SKSFS 2011:3).

### **Blanketter**

Gällande lagstiftning, Rikslängd samt ansöknings- och anmälningsblanketter finns på Skogsstyrelsens hemsida.<sup>25</sup>

### **Undantag**

Vid fröskörd, skogssådd och odling av plantor för användning på egen mark finns inga krav på stambrev eller att fröet skördats i godkänd frökälla. För vegetativt förökat skogsodlingsmaterial gäller dock att frökällan måste vara

<sup>25</sup> Tillgänglig på: [www.skogsstyrelsen.se](http://www.skogsstyrelsen.se).

godkänd även vid användning på egen mark. Skogsstyrelsens föreskrifter (SKSFS 1993:2) till skogsvårdslagen kan innebära begränsningar för var ett skogsodlingsmaterial får användas.

## **Tallens och granens fröcykel**

Tallar och granar är vindpollinerande. Blomningen sker i maj till juni, i söder tidigare än i norr. Ett tallbestånd på bra bonitet sprider ca 35 kg pollen per hektar, vissa år mångdubbelt.<sup>26</sup> Vid år med riklig blomning kan tall- och granpollen färga badstränderna gula under försommaren. Allergi mot tall- och granpollen är mycket ovanligt.

För att i möjligaste mån undvika självpollinering har tallar och granar utvecklat en rad skyddsmekanismer. Honblommorna sitter företrädesvis i övre delen av kronan medan hanblommorna sitter i den nedre. Ytterligare en funktion för att undvika självpollinering är en viss tidsförskjutning. De tidigaste honblommorna är receptiva för pollen ett par dagar till någon vecka före den första hanblomman släpper sitt pollen.

Honblomställningen hos både tall och gran är uppbyggd av många små blommor. Honblommorna fångar mer pollen än vad de borde om slumpen fick råda. En teori är att det artspecifika utseendet av blomman ger speciella aerodynamiskt förhållande runt blomställningen vilket gynnar det artegna pollenet. På så sätt kan effektiv befruktning ske även vid relativt låga pollenhalter.

För att en tall- eller grankotte ska utvecklas krävs det normalt att flera av embryona är befruktade, annars aborteras kotten.

### **Tallens fröcykel**

Tallens (och contortatallens) fröcykel är treårig. Med det menas att det tar nära tre år från det att blomman initierats i en knopp till dess att fröna faller ur kotten (figur FP5).

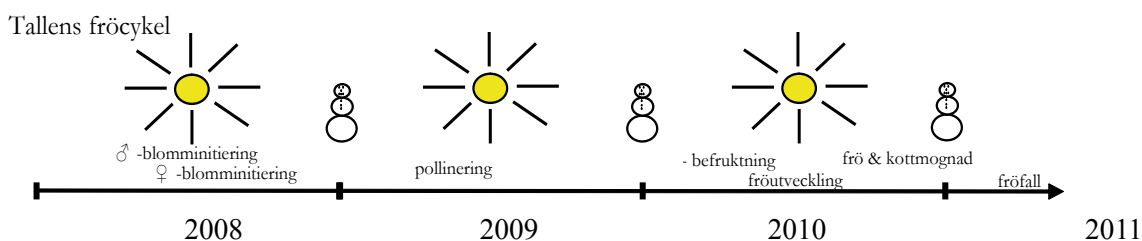
Hos tallen anläggs både han- och honblommor i vanliga vegetativa skott. Hanblomknoppar anläggs tidigast på året och hamnar därför i basen på skotten. Hanblommorna anläggs på de platser där barrpar (kortsrott) normalt skulle utvecklats.

Efter blomningen, när hanblommorna trillat av, kan man därför se ärren av hanblommor som barrlösa delar av skotten. Honblomknoppar bildas istället för vegetativa lateralskott runt terminalskottet (figur FP6). Ofta är det bara en eller två blommor på ett skott men goda kottår kan det vara en hel krans. Bra semesterväder, det vill säga varmt och torrt under juli månad, brukar vara gynnsamt för initiering av honblommor.

Contortatallen liknar i mångt och mycket vår vanliga tall. En skillnad är att contortan ofta skjuter *prolepsis* (ett extra årsskott) och kan därigenom ha dubbla kransar med kott på varje skott.

<sup>26</sup> Sarvas, R. 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris*. Comm. Inst. For. Fenn. 53, s. 1–198.





*Figur FP5* Tallens 3-åriga fröcykel spänner över tre vegetationsperioder, inleds med initiering under första året, pollinering år två, befruktning, frö-tillväxt, kott- och fröomognad år två och fröfall våren och försommaren på det tredje året.

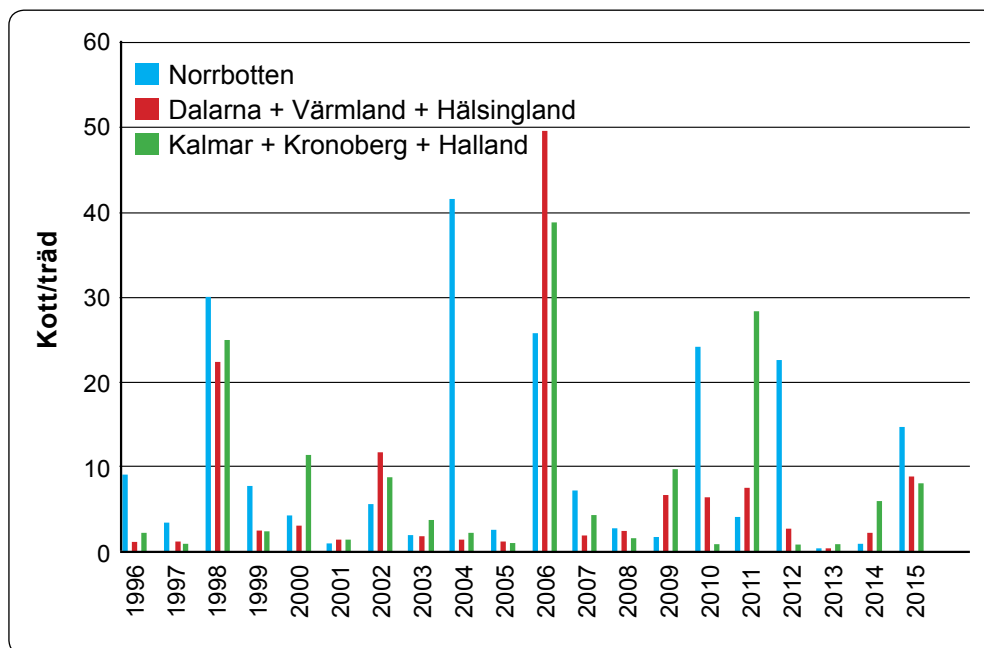


*Figur FP6* Tallens honblommor är anlagda i en krans runt terminalskotten på grenar (vänstra fotografiet). Hanblommorna anläggs i basen på skotten (högra fotografiet). Foto Ulfstand Wennström.

Tallen blommar nära nog alla år, men mängden blommor (kottar) kan variera kraftigt mellan år (figur FP7). Som framgår i figuren är det vanligen mer kott i södra Sverige än i norra. Kottåren kommer också tätare i söder. I norra Sverige (Norrbotten) är det mer än 70 kottar per träd vart 6:e år, i Mellansverige (Dalarna exklusive Särna–Idre, Värmland och Hälsingland) vart 5:e år och i södra Sverige (Kalmar, Kronoberg och Halland) vart 3:e år.

Riklig blomning innebär inte alltid rikligt med kott. För att kotten ska utvecklas måste ett antal av fröna befruktas. Frost, torka och annat kan skada kottanlagen innan de utvecklats till fullmogna kottar.





Figur FP9 Förekomst av grankott i regionerna norr (Norrbotten), mellan (Dalarna, Värmland och Hälsingland) samt syd (Kalmar, Kronoberg och Halland) åren 1996–2015.<sup>28</sup>

Granens kottar anläggs på terminalskott av grenar och kvistar medan hanblommorna anläggs i de vilande knoppar som finns på alla kvistar (figur FP10).

En trolig orsak till att granen inte är kottbärande lika frekvent som tallen är att terminalskotten ”tar slut”, trädet orkar helt enkelt inte med att blomma alla år.

En annan förklaring skulle kunna vara att granen, genom att göra längre uppehåll mellan kottåren, svälter ut insekterna. Granfröskördar som uppkommer efter flera års uppehåll är ofta mindre angripna än skördar som uppkommer efter flera på varandra upprepade kottår.



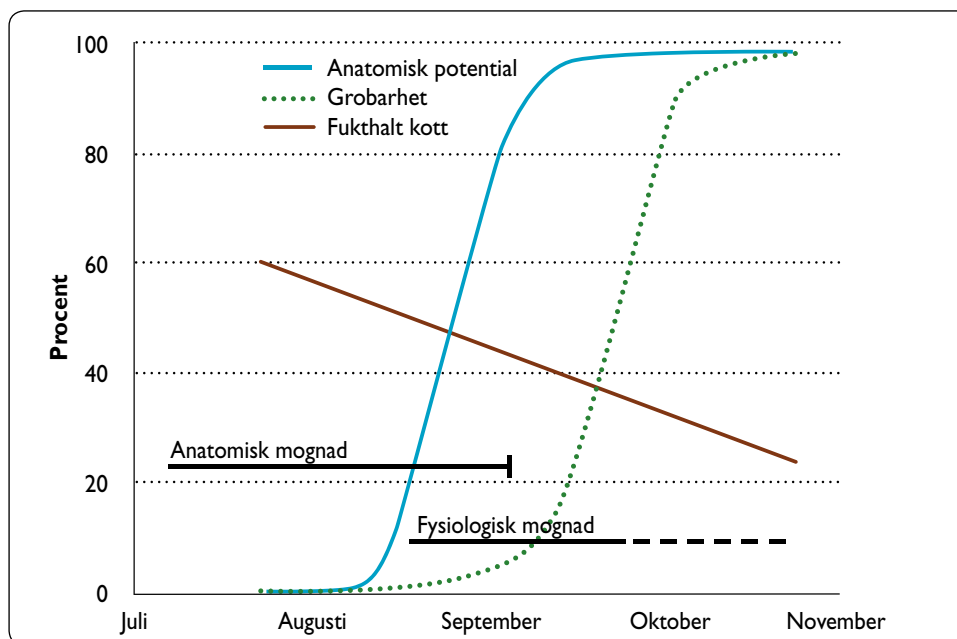
Figur FP10 Granens hon- och hanblommor på samma gren. Honblommorna sitter i terminalskotten medan hanblommorna bildats ur vilande kortskott. Foto Olle Rosenberg.

<sup>28</sup> Riksskogstaxeringens kottinventering gjorda på provträd över 10 m åren 1995–2007.

## Frömognad

Man brukar dela upp frömognaden i två processer, den anatomiska och den fysiologiska frömognaden (figur FP11).

Den anatomiska mognaden kan beskrivas som fysisk tillväxt av fröet och kännetecknas av celledelning. En förutsättning för att nå fullständig anatomisk mognad är att kotten inte skördas förrän mognaden är avslutad. Den anatomiska tillväxten avslutas i mitten av september, oberoende om fröet är anatomiskt fullmoget eller inte.<sup>29</sup>



Figur FP11 Schematisk bild av frömognadsförloppet (fritt efter Sahlén).<sup>30</sup>

Den anatomiska mognaden, det vill säga den synliga tillväxten av embryo och frövita är avslutad i mitten av september. Fysiologisk mognad (mognad på cellnivå) avslutas i mitten av oktober.

Den *fysiologiska mognaden* pågår parallellt med den anatomiska mognaden och kännetecknas bland annat av omlagring av sockerarter till fetter. Den fysiologiska mognaden avslutas efter att den anatomiska mognaden är avslutad. Full grobarhet erhålls först när den fysiologiska mognadsprocessen är avslutad. Den fysiologiska mognaden kan avslutas efter skörd om kottens fukthalt hålls över 50 % i ett par veckor. En mer omogen kotte behöver längre eftermognadslagring än en fullt mogen kotte. Därefter kan kottens fukthalt med fördel sänkas.

Om fröna når full mognadsgrad beror främst på klimatet.<sup>31</sup> Tallen behöver en temperatursumma på över ca 975 dygngrader för att ett nå full frömognad, det vill säga över 95 % grobarhet. Granen har ett lägre temperaturkrav

<sup>29</sup> Sahlén, K. och Abbing, K. 1995. Effects of artificial environmental conditions on anatomical and physiological ripening of *Pinus sylvestris* L. seeds. *New Forests* 9, s. 205–224.

<sup>30</sup> Sahlén, K. 1992. Anatomical and physiological ripening of *Pinus sylvestris* L. seeds in northern Fennoscandia. SLU, inst. för skogsskötsel. Avhandling, sammanfattning, 18 s.

<sup>31</sup> Almqvist, C., Bergsten, U., Bondesson, L. och Eriksson, U. 1998. Predicting germination capacity of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seeds using temperature data from weather stations. *Can. J. For. Res.* 28, s. 1530–1535.

än tallen och behöver ca 875 dygngrader för att nå samma grobarhet.

Fröomognaden är ett stort problem vid självföryngring eller insamling av tallkott i norra Sverige, speciellt på höga altituder. Det kan gå många år mellan år med god fröomognad i kombination med god kottillgång. Problemet accentueras vid plantering och skogssådd av att tallen i norr ofta sydförflyttas 2–3 breddgrader för att öka överlevnaden.

Fröomognaden, när det gäller granen, är inte ett lika stort problem. Dels för att granen behöver ca 100 dygngrader lägre temperatursumma än tallen för att nå full fröomognad. Dessutom flyttas granen normalt norrut, det vill säga från en sydligare lokal där fröomognaden sällan är ett problem för granen.

## ***Analys och skador på kott och frö***

### **Kottanalys**

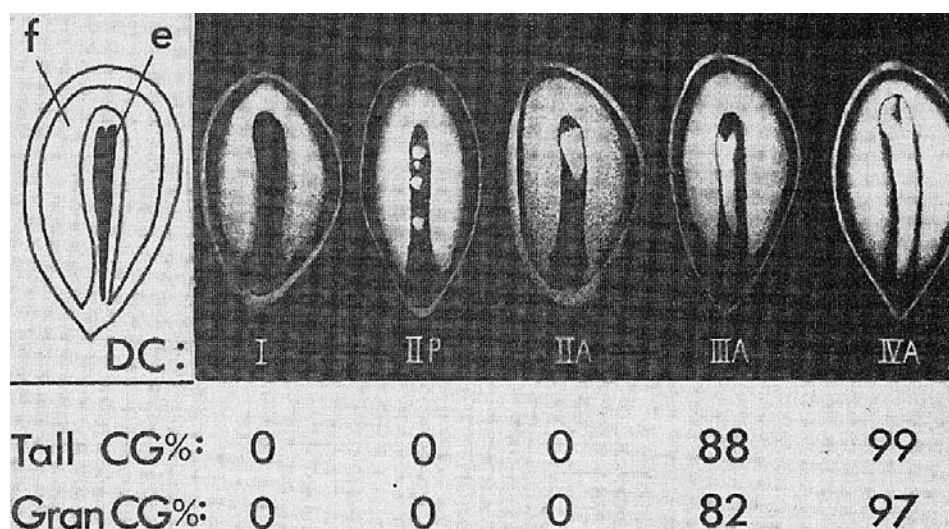
Innan en insamling påbörjas är det klokt att analysera ett kottprov. Vad som ingår i en analys kan varieras. Utbyte av matat frö per hektoliter (100 liter) kott är ett givet mått av ekonomiskt intresse. Grobarheten skattas ofta med röntgen då detta ger ett snabbt svar samt att det ger ett mått på den förväntade grobarheten efter eftermognadslagring. Något som är omöjligt att få på annat sätt om fröna inte är fysiologiskt mogna. Röntgenanalysen ger också svar på andelen fröinsekter i fröpartiet.

Andra analyser som kan ingå i en kottanalys är frövik, analys av kottinsekter och rotsvampar (artbestämning och frekvens), fukthalt (ger ett mått på kottmognad och frostkänslighet), med flera.

### **Röntgenanalys**

Med hjälp av röntgen kan man bedöma hur väl anatomiskt moget ett frö är och utifrån analysen prognostisera den förväntade grobarheten, anatomisk potential.<sup>32</sup> I prognosen förutsätts att fröet är fullt fysiologiskt moget. Fröets storlek har mycket lite att göra med grobarheten. Det är hur väl utvecklat det är som är avgörande (figur FP12). Vid bedömning av anatomisk potential studerar man hur långt embryot är i förhållande till embryohålans längd samt hur väl utvecklad frövitån (megagametofyten) är. Till exempel tallfrö och granfrö med ett embryo som fyller mer än 75 % av embryohålans längd och har en välutvecklad frövita förväntas gro med 99 % respektive 97 % sannolikhet.

<sup>32</sup> Simak, M. 1980. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. SLU, inst. för skogsskötsel. Rapport nr 3.3.



Figur FP12 Röntgenbild av tallfrön med olika anatomisk utveckling. Med hänsyn till embryots längd i förhållande till embryohålans längd kan frö delas in i klasser (I–IV). Förväntad groningsprocent (CG %) för varje klass visas för tall och gran. f = frövit och e = embryo. Källa: Simak (1982).<sup>33</sup>

### Kott- och fröinsekter

Granen kan tyckas ha en fördel jämfört med tallen vad gäller frömognaden. Kottinsekter, fröinsekter, rotsvampar, ekorrar, hackspettar, korsnäbbar, med flera, gör dock tillvaron för en ”granförälder” långt ifrån problemfri. Hela skördar kan spolieras. I en fröplantage är det av stort ekonomiskt intresse att få bukt med sådana problem. Största skadan gör kottinsekter och rotsvampar. Försök pågår med biologisk och kemisk bekämpning mot både insekter och rotsvampar.<sup>34</sup>

Det finns ett 10-tal insektsarter som relativt ofta förekommer som skadegörare i granens kottar och frön.<sup>35</sup>

Två av arterna, *granfrögallmyggan* och *granfröstekeln*, lägger sina ägg under blomningen och insekten utvecklas inuti fröna. Angripna frön saknar helt embryo och frövit och består endast av ett fröskal med larv. Insekterna är lätta att detektera med röntgen (figur FP13). Skadorna förvärras inte av sen klängning.

<sup>33</sup> Simak, M. 1982. Analys av tall- och granfröets tekniska kvalitet och tillämpning av detta. SLU, Konsulentavdelningen/Skogsförnyelse nr 3.

<sup>34</sup> Rosenberg, O. och Weslien, J. 2005. Assessment of cone-damaging insects in a Swedish spruce seed orchard and the efficacy of large-scale application of *Bacillus thuringiensis* variety aizawai x kurstaki against Lepidoptera. J. For. Ent. 98(2), s. 402–408.

<sup>35</sup> Wiersma, N. 1972. Skadeinsekter på kottar och granfrön. Institutet för skogsförbättring, Skogsträdsförädling. Information nr 1 1972/73, 4 s.



*Figur FP13* Röntgenbild av granfrö. I 34 % av fröna har en insektslarv (granfröstekel) utvecklats istället för fröet (fröna med ett grått fält innanför skalet). Foto Erik Walfridsson.

*Grankottgallmyggan*, *grankottvecklaren* och *grankottgnagaren* utvecklas i kotten och kan försämra klängbarhet och utbyte. Försenad klängning kan förvärra skadorna. Skadade kottar är svåra att urskilja. Snittning av kotten är enda sättet att kvantifiera skadorna. *Grankottgallmyggan* har ett par millimeter långa laxrosa larver som spinner vita kokonger i mörken på kotten.

*Grankottvecklarens* larver lever också i mörken på kotten men kan även gnaga på fröna. *Grankottvecklaren* blir ca 10 mm lång, benvit med brunt huvud. *Grankottgnagaren* är en skalbagge som normalt angriper äldre kottar. I färskare kottar håller de små vita larverna till i kottfästet och kan förorsaka att kotten faller ned från trädet för tidigt.

*Grankottflugan*, *grankottmotten* och *grankottmätarna* har alla larver som lämnar kotten före skörd. *Grankottflugans* larv lämnar kotten under sensommaren för att förpupa sig i marken. De angripna kottarna har ofta en bananliknande böj med en kåddroppe vid utgångshålet i böjens mitt. Angripna kottar har lägre fröutbyte och kådan kan förorsaka problem vid klängning och rensning.

Av *grankottmotten* och *grankottmätarna* finns det två arter vardera. Alla har svagt håriga larver med mörkt huvud. Angripna kottar är lätta att känna igen på den blandning av exkrement och kåda som utsöndras. Dessa kottar är oftast helt söndergnagda inuti och bör undvikas i skörden. Larven kan klättra från kotte till kotte både i trädet och i kottlagret. Biologisk bekämpning mot båda dessa arter går med framgång att göra med *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki/Aizawai* (Turex®).<sup>36</sup>

*Tallkottviveln* är nära nog den enda skadegörande insekten som angriper tallens kottar. Skadade kottar känns igen på att det finns ett hål på sidan. Kotten är ofta förkrympt och/eller har en böj. *Viveln* gör dock sällan någon större skada i tallskördar. *Tallkottviveln* tycks däremot kunna göra större skada på contortatallens kottar. Angripna kottar ger inget frö. Större skada kan

<sup>36</sup> Rosenberg, O. 2003. Biologisk bekämpning av skadeinsekter i granfröplantager – fältförsök 2003. Skogforsk. Arbetsrapport 556, 12 s.

ekorrar, hackspettar och större korsnäbb göra även om dessa skador sällan är av ekonomisk betydelse i fröplantager.

## Rostsvampar

Det finns tre arter av rostsvampar som angriper grankottar i Sverige, *grankotterost*, *granens gulrost* och *pyrolarost* (figur FP14).<sup>37</sup> Svamparna kan vissa år avsevärt påverka reproduktionsförmågan hos gran. Angripna kottar ger inga frön. Rostsvamparna värdväxlar med hägg (grankotterost) och pyrolaararter (granens gulrost och pyrolarost). Rostsvampar känns lätt igen genom att kottefjällen relativt tidigt står helt utspärrade oavsett väderlek. På kottefjällens insida bildas kulformade sporsamlingar. Grankotterosten har bruna medan granens gulrost och pyrolarost har gula sporer. Kottar angripna av grankotterost sitter kvar i trädet flera år och kan sprida sporer i minst fyra år varför det kan vara lönsamt att ”städa” fröplantager på rostangripna kottar.<sup>38</sup>



Figur FP14 Övre kotten till vänster och kotten till höger är angripna av grankotterost. Kotten nere till vänster är frisk. Foto Ulfstand Wennström.

## Kottinsamling

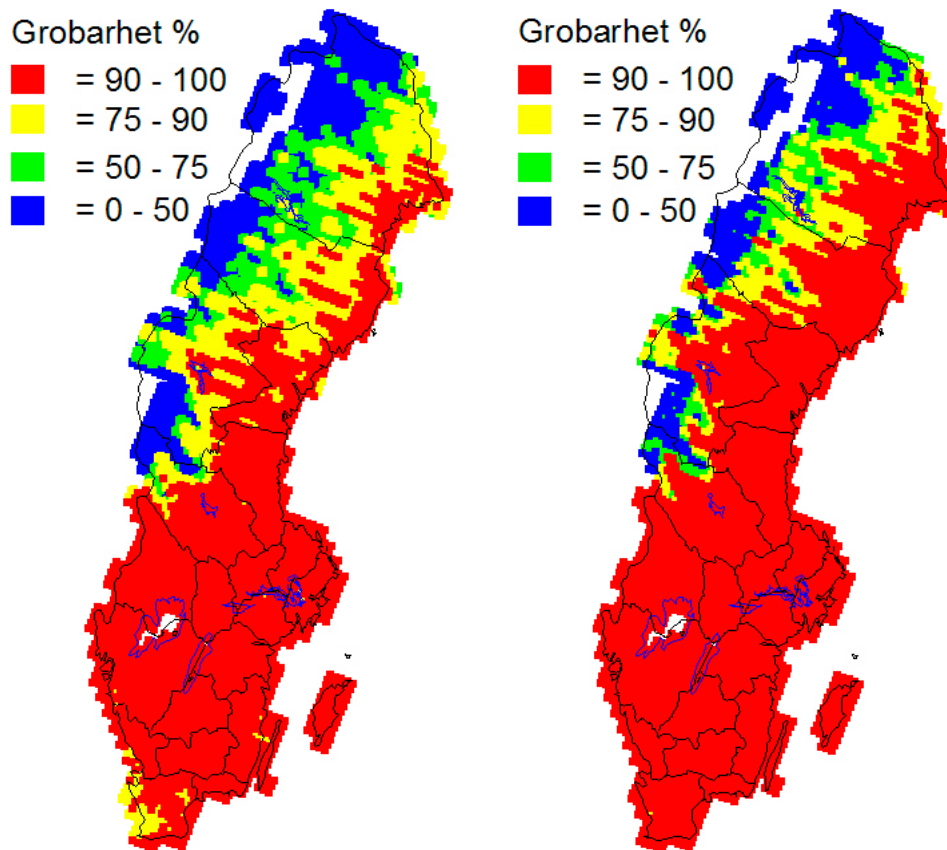
### Kott- och fröprognos

En prognos för grobarheten av tall och gran baserad på klimatdata från SMHI finns tillgänglig på [www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se). Den första prognosen brukar vara klar i början av september (figur FP15). Som komplement till prognosen brukar även resultat från kottprover presenteras så snart prover är analyserade.

<sup>37</sup> Eidmann, H.H. och Klingström, A. 1976. Skadegörare i skogen. Centraltryckeriet, Borås. 288 s.

<sup>38</sup> Kaitera, J. och Tillman-Sutela, E. 2014. Germination capacity of *Thekopsora areolata* aeciospores and the effect of cone rusts on seeds of *Picea abies*. *Scand. J. For. Res* 29(1), s. 22–26.



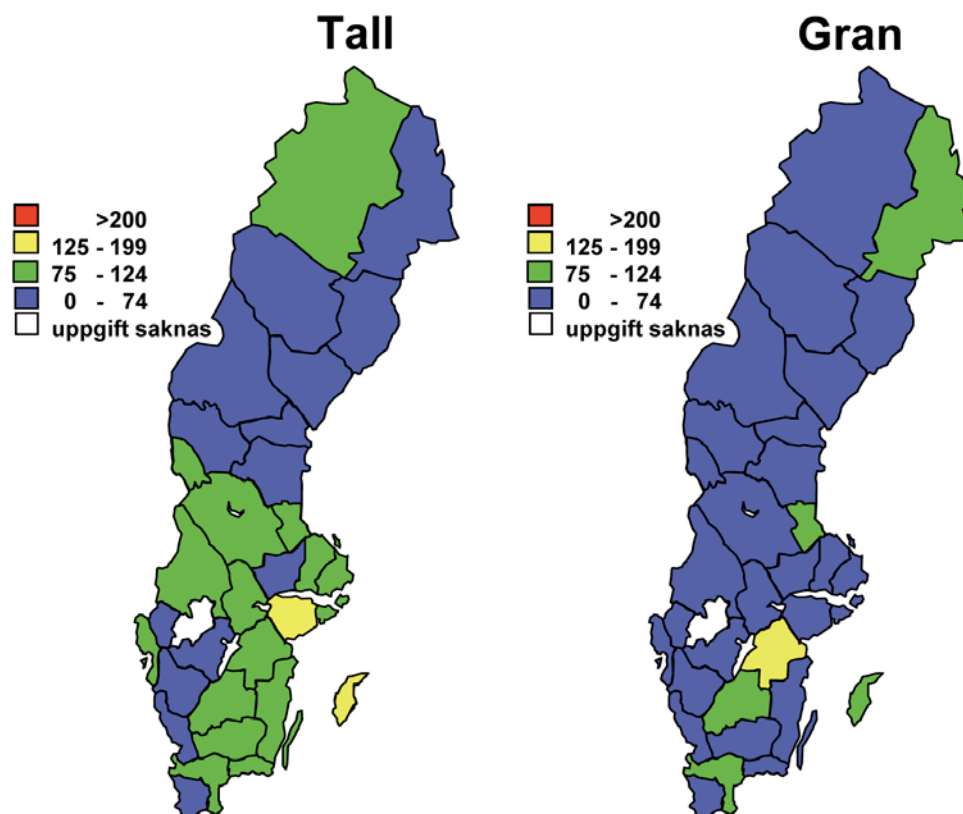


*Figur FP15* Exempel på grobarhetsprognos för tall och gran från frömodningsåret 2014. Notera att granen kräver lägre temperatursumma än tallen och når därför full frömodnad längre upp i Norrlands inland än tallen.<sup>39</sup>

Prognoser för kottförekomsten finns också tillgängliga på webben.<sup>40</sup> En av prognoserna baseras på Riksskogstaxeringens inventeringar. Riksskogstaxeringen gör varje år en inventering av förekomsten av tall- och grankott på provträd över 10 m (figur FP16). Inventeringen görs genom att från marken räkna antalet kottar på halva trädet. Siffran dubbleras för att få med den andra halvan av trädet och multipliceras med ett erfarenhetstal för att korrigera för gömda kottar.

<sup>39</sup> Källa: [www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se).

<sup>40</sup> Se: [www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se).



Figur FP16 Kottförekomst för tall och gran år 2014 presenterat som relativt, där medelförekomsten 1989–2013 motsvarar relativtalet 100.<sup>41</sup>

En mer långsiktig skattning av kottförekomsten görs med klimatdata från SMHI. Tillförlitligheten är dock lägre med den väderbaserade prognosen än Riksskogstaxeringens faktiska kotträkning. Den klimatbaserade prognosen är dock relativt tillförlitlig när det gäller att förutse när och var det inte blir kott. Mängden kott är dock betydligt svårare att förutsäga då det är fler faktorer än klimatet som spelar in.

### Planera i tid

På hösten när kotten ska plockas blir dagarna snabbt kortare. Kyligt väder kan försvåra insamlingen av kott och froster kan försämra fröets kvalitet. Det är därför viktigt att komma igång med kottinsamling i tid. För att detta ska vara möjligt är planering A och O.

Du bör även sätta dig in i hur lagar och regler om stambrev fungerar, se avsnittet ”Rikslängden, stambrev och handel med frö” ovan. Gör klart med intresserade kottplockare om hur och var kotten ska lagras, om det finns en kläng som kan ta hand om kotten och vilken utrustning som behövs.

### Kottinsamling i bestånd

Börja planeringen med att besöka tilltänkta bestånd. Ha om möjligt flera reservalternativ för att kunna välja det bestånd som bäst kombinerar bra

<sup>41</sup> Källa: Riksskogstaxeringens kottinventering. Tillgänglig via: [www.slu.srh.se](http://www.slu.srh.se).

frökvalitet, högt fröutbyte och gott om kott. Att ha reservalternativ är speciellt viktigt för tall i norra Sverige (risk för dålig frömognad), för gran (risk för skador av insekter och rostsvamp) och contortatall (risk för lågt fröutbyte) i hela Sverige. Gäller det tall och contortatall går det att få en föräning om nästkommande års skörd genom att räkna 1-års kottar, med granen får du nöja dig med en årsskörd. Kikare är ett bra hjälpmedel om det gäller äldre bestånd.

Tall och contortatall går mycket bra att samla direkt från stående träd i ungskogar. Var dock noggrann med kontroll av fröutbyte före insamling, speciellt för contortatall och i synnerhet i unga bestånd. Dålig pollinering kan föranleda lågt utbyte.

Många av contortatallens kottar är *serotina*, det vill säga de behöver upphettas, av till exempel en skogsbrand, för att öppnas. De kan därför sitta kvar på grenarna i årtal. Grobarhet och groningshastighet sjunker dock avsevärt med stigande kottålder.<sup>42</sup> Det är därför att rekommendera att bara samla de kottar som mognat innevarande år.

Tänk på att om du plockar frö i ett bestånd anlagt med plantagefrö får du även en genetisk vinst. Är beståndet röjt och gallrat ökar vinsten.<sup>43</sup>

Var noga med beståndets genetiska ursprung. Är det anlagt med felaktig proveniens eller om beståndet har skador som kan tänkas ha en genetisk koppling, som till exempel törskate eller *Gremmeniella* så undvik att skörda i beståndet.

### Kottinsamling i fröplantager

En skillnad mellan skörd i fröplantager och skörd i bestånd är att för skörd i plantager finns inga reservalternativ. Därför är man extra mån om att få in hela skörden oskadad. Är man tidigt ute i planeringen kan man till exempel stimulera träden till blomning genom exempelvis hormonbehandling med gibberellin<sup>44</sup> eller skydda granfröskörden genom att på våren bekämpa mot kottinsekter, se mer under avsnittet ”Kott- och fröinsekter”.

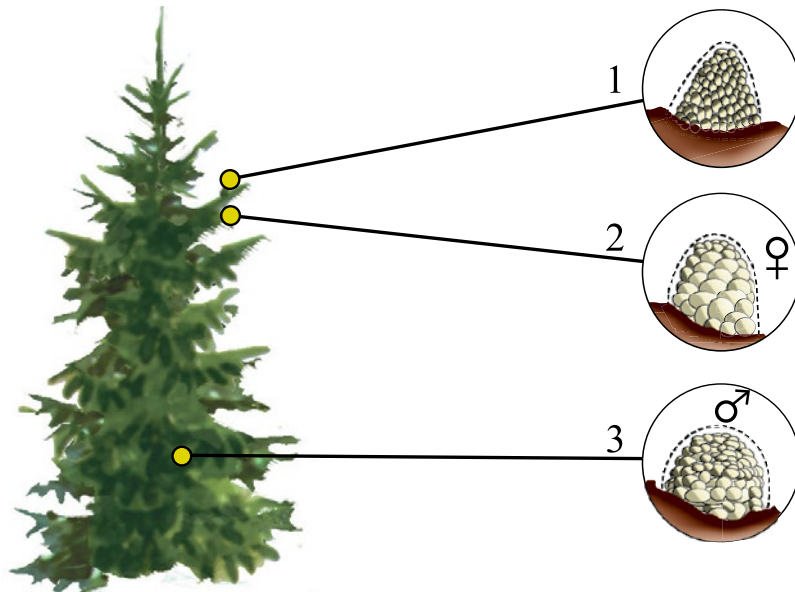
För att i god tid kunna planera eventuell bekämpning i en granfröplantage kan man förutom Skogforsks klimatbaserade webbprognos själv analysera knoppar och skott (figur FP17).<sup>45</sup> Eventuella honblommor är placerade långt upp i kronan medan hanblommorna ofta sitter på bekväm höjd. En stereolupp är att rekommendera. Tycker man det är svårt att analysera knopparna kan man driva kvistarna till skottskjutning i en hink med vatten. Från februari månad och framåt har knopparna normalt brutit vintervilan och är villiga att skjuta skott om de förs in i rumstemperatur.

<sup>42</sup> Jägbrant, R. 2014. Hur mycket frö sprids från *Pinus contorta*? – Kottproduktion, serotinitet och frökvalitet i relation till beståndsålder i södra Norrland. SLU, inst. för skogens ekologi och skötsel. Examensarbete 2014:12, 33 s.

<sup>43</sup> Wennström, U., Bergsten, U. och Nilsson, J.-E. 2001. Early seedling growth with *Pinus sylvestris* after sowing with a mixture of stand and orchard seed in dense spacing. *Can. J. For. Res.* 31, s. 1184–1194.

<sup>44</sup> Almqvist, C., Rosvall, O. och Wennström, U. 2007. Fröplantager – anläggning och skötsel. Skogforsk.Handledning, 97 s.

<sup>45</sup> Hadders, G. 1983. Blomningsprognoser i granfröplantager. Institutet för skogsförbättring, Skogsträdsförädling. Information nr 4 1983/84, 4 s.



Figur FP17 Vegetativ blomknopp (1), honblomknopp (2) och hanblomknopp (3), sedan knoppfjällen avskalats. Notera deras placering i kronan. Honblomknoppar är vanligen större än vegetativa knoppar.<sup>46</sup> Illustration Bo Persson.

De flesta fröplantager beskårs med jämna mellanrum för att hålla grönkronan nere och möjliggöra ett högt stamantal. Vanligen sker beskärningen i anslutning till en god skörd. I granfröplantager klipper man ofta ner hela toppen på de träd som ska skördas.

Användning av stegar vid skörd är i princip förbjudet (AFS 2004:3 §10).<sup>47</sup> Arbetsplattform på hjul med räcke är ett godkänt redskap (figur FP18). Motordrivna skylifts är också ett alternativ, speciellt om skörden är högt belägen. Vid plockning med skylift har plockaren en hög plockningskapacitet då denne alltid är nära kotten och inte behöver gå ner på marken för att flytta plattformen.

<sup>46</sup> Hadders, G. 1983. Blomningsprognoser i granfröplantager. Institutet för skogsförbättring, Skogsträdsförädling. Information nr 4 1983/84, 4 s.

<sup>47</sup> Arbetsmiljöverkets författningssamling. 2004. Skogar och arbetsbockar (AFS 2004:3 §10), 22 s.



Figur FP18 Arbetsplattform på hjul möjliggör en säker kottskörd i plantage T7 Slåttholmen. Foto Ulfstand Wennström.

## Från kotte till frö

### Kotthantering

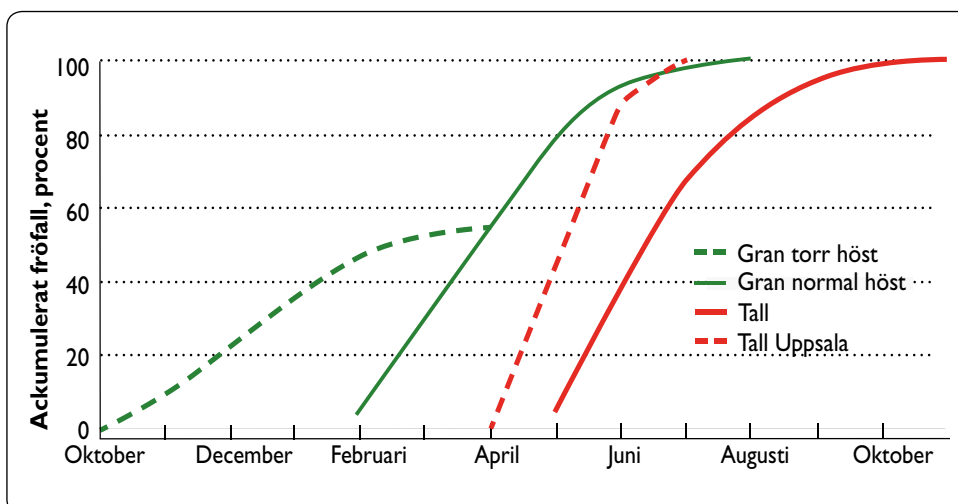
Vid skörd är det viktigt att kotten kommer in i skydd från fukt och kyla. Väl mogna frön i torra kottar tål vanligen frost bra. Är fröna omogna eller fuktiga är de känsliga för frost. Normalt behöver kott som skördas före mitten av oktober eftermognadslagras före klängning. Med eftermognadslagring ökar både klängbarhet och groningsenergin (ett mått på hur fort fröna gror).

Kott lagras väl ventilerat i +5 till +10 °C med över 50 % relativ fukthalt. När eftermognaden är slutförd kan fukthalten tillåtas sjunka något. Alltför torra kottar är dock svårklängda. Kott är ett levande material och behöver andas. Lagg därför inte kotten i tjockare lager än ca 20 cm (halvfyllt kottsäck). Vid lagring i tjocka lager eller täta säckar kan kott och frön skadas av mögelangrepp och okontrollerad värmeutveckling. Ska kotten lagras en längre tid bör kotten rensas från barr och kvistar före lagring. Barr i kottmassan utgör ofta en mögelhärd. Om kotten klängs utan längre lagring är barr och mindre kvistar inget större problem vid avvingning och rensning av fröna.

Väl mogen kott kan börja självklänga, det är speciellt vanligt för granen. Helst bör kotten lagras i lådor med nätbotten med möjlighet att samla upp självklängda frön. I brist på detta kan kotten förvaras i halvfyllda kottsäckar på pallar. En begagnad viraduk från ett pappersbruk eller presenning under pallarna underlättar uppsamlandet av självklängda frön.

### Klängning

I skogen klänger tallkottar normalt på våren och försommaren, det vill säga under maj och juni, i söder tidigare än i norr (figur FP19). Grankottarna klänger under vårvintern, ibland redan på hösten. De barrträdsfrön man ibland kan se på skaren är utan tvekan granfrön.



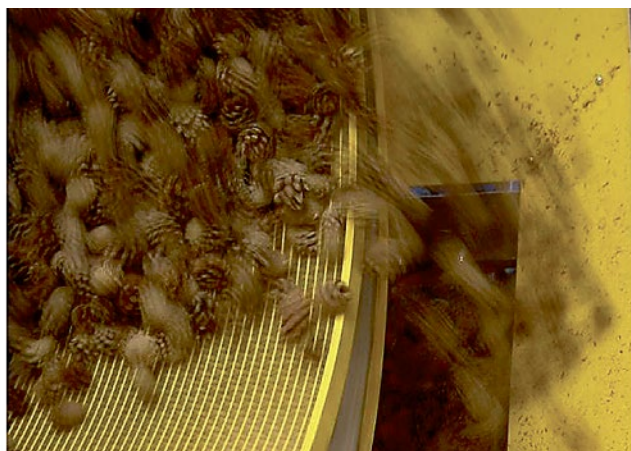
Figur FP19 Tallens och granens fröfall.<sup>48</sup>

### Klängning

Med klänga menas förloppet då kottarna öppnar sig och släpper sina frön. Ordet klänga härrör från ordet ”klinga” vilket syftar på det klingande (knäppande) ljudet som åstadkoms när kottarna utsätts för värme och öppnar sig.<sup>49</sup>

Kott till industriell klängning plockas som tidigare nämnts vanligen på hösten. För att kotten snabbt och effektivt ska klänga upphettas den till +55 °C. För att undvika skador på fröna måste uppvärmningen ske stegvis i takt med att fukthalten sjunker. Ett fuktigt frö med 50 % fukthalt får inte utsättas för temperaturer över 40 °C, medan ett torrt frö med en fukthalt under 8 % tål upp till 70 °C en kortare tid utan att skadas.

När kotten är klängd tröskas man den för att få ut fröna. Tröskning kan ske i en nättrumma (figur FP20). Det är viktigt att inte ha för mycket kott i trumman. De frön som lämnar kottarna ska snabbt avlägsnas ur kottmassan för att inte få klämskador. En spricka i fröskalet gör fröet obrukbart.

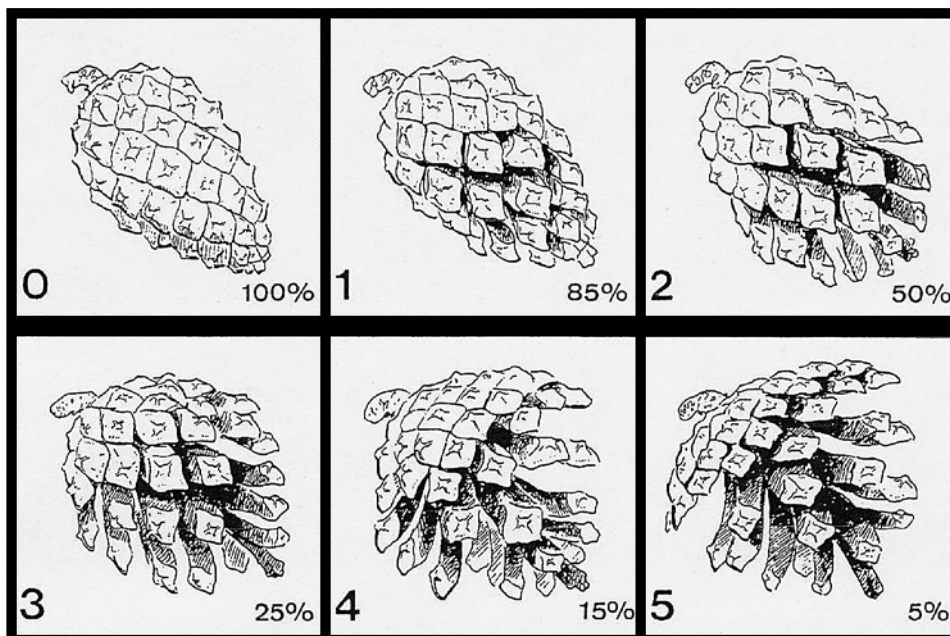


Figur FP20 Tröskning av kott. Foto Kjell Andersson.

<sup>48</sup> Wennström, U. och Almqvist, C. 1998. Fröet – embryot till den nya skogen. Skogforsk, Redogörelse 5–1998, s. 22–31.

<sup>49</sup> Svenska Akademiens ordbok. Tillgänglig på: [www.saob.se](http://www.saob.se).

Efter klängning och tröskning av tallkott finns normalt ca 15–25 % av fröna kvar i kottmassan. Därför klängs i regel tallen två gånger. För att kotten ska klänga bättre vid andra klängningen vattnas den upp i ett par timmar före klängningen. Genom att ta ett stickprov och dela in kotten i klängbarhetsklasser är det lätt att skatta hur mycket frö som finns kvar i kottmassan (figur FP21).



Figur FP21 Andel frö kvar i tallkotten för klängbarhetsklasserna 0 till 5.  
 Källa: Lestander, Rosvall och Andersson (1986).<sup>50</sup>

### Våtavvingning

Våtavvingning är en teknik för avvingning av tall-, gran- och contortafnö. Frömassan läggs i en roterande trumma, lite vatten duschas på och därefter blåser man en svag luftström in i trumman. Vattnet gör att vingarna lätt lossnar från fröet. Luftströmmen anpassas så att bara vingar utan frö lyfter och flyger ut ur trumman.

En annan metod för svåravvingat frö är att lägga fröna i en tygpåse och manuellt varsamt gnugga fröna mot varandra.

För lärk och ädelgranar sitter vingen fastvuxen på fröet och måste lossas mekaniskt.

### Rensning

För att kunna tillämpa enkornsådd i plantskolorna är det viktigt att fröet är 100 % rent. Vid rensning används ett flertal metoder om vartannat. Med såll avlägsnas mindre och större skräp samt fröer med vingrester kvar. I en så kallad stiglufrens faller fröna in i en luftström, varvid lätta frön far bort med luftströmmen medan tunga matade frön faller igenom. På ett lutande så kallat tryckluftskakbord sorteras fröna efter storlek och densitet. Bordet kan beskrivas som en lutande tygduk med en luftström underifrån som samtidigt

<sup>50</sup> Lestander, T., Rosvall, O. och Andersson, D.G. 1986. Kontroll av fröutbytet vid klängning av tallkott. Institutet för skogsförbättring, Skogsträdsförädling. Information nr 3 1985/76, 5 s.

har en oscillerande skakrörelse. Tunga frön som har kontakt med bordsduken skakas fram mot lutningen medan lättare frön ”flyter” med i luften i bordets lutning.

Både stigluftrensaren och det lutande tryckluftskakbordet urskiljer tomma frön, dåligt matade frön och en stor del av fröna med insekter i.

## Prevac

Prevac är en metod för att avlägsna mekaniskt skadade frön.<sup>51</sup> Mekaniska skador uppkommer vanligen i kottklängen. I moderna klängar rör det sig bara om någon procent frö som faller bort. Prevac används främst för tall- och contortafrö. Granfrö har ofta så hög densitet att delar av partiet sjunker till botten även i torrt tillstånd.

De flesta som använder sig av Prevacmetoden arbetar med vakuüm men det är också möjligt att utföra Prevac under övertyck eller i en centrifug. Prevacbehandling i vakuümkärl går till så här: torra frön läggs i ett vattenfyllt vakuümkärl (figur FP22). Med nätlock trycks fröna ned så att alla frön är under ytan. Kärlet tillsluts och med pump skapas ett undertryck på ca – 0,8 bar. Därefter släpps luft in i kärlet och det kan då öppnas. Frön med trasigt fröskal har sjunkit till botten medan frö med helt fröskal flyter på ytan.



Figur FP22 Vakuümkärl för Prevacbehandling. Foto Ulfstand Wennström.

Det som hänt är att vid undertryck läcker luft ut ur frön med trasigt fröskal. När sedan trycket återställs till normalt lufttryck sugas vatten in i de trasiga fröna och densiteten ökar. Frön med skador sjunker till botten av kärlet och kan urskiljas från det oskadade fröet.

<sup>51</sup> Lestander, T. och Bergsten, U. PREVAC – en metod för att avlägsna mekaniskt skadat frö. Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift, nr 1–85, s. 35–42.



## Grankåda

Kåddpartiklar är ett problem vid rensningen av granfrö eftersom det med granfröet ofta följer grankåddpartiklar från kotten. I partier med mycket kottinsekter blir mängden större. Större och mindre grankåddpartiklar kan avskiljas med såll.

Grankåddpartiklar med samma storlek som fröna är svårare att avskilja då både grankådan och fröna har ungefär samma densitet och båda sjunker i vatten i torrt tillstånd.

Genom att duscha på en mindre mängd ljummet vatten på torra granfrön kan densiteten dock minska och fröna flyta. Orsaken är att fröna tar upp vattnet och sväller upp mer än viktökningen. Sorteras fröna i vattenbad flyter större delen av granfröna upp till ytan medan kådan sjunker till botten. Tyvärr sjunker även ofta några av de allra tyngsta granfröerna ned till botten med kådan. Hög densitet är ofta kopplad till god frökvalitet. Med de höga fröpriser som gäller för gran idag kan det vara lönsamt att sortera dessa fröer manuellt.

## Grobarhetsanalys

Det finns många olika metoder att analysera grobarhet på frö. De är utvecklade för att passa olika arter och behov. Grobarhetsanalys på groningsbord är den vanligaste metoden för tall och gran i Sverige. Även om man följer de hårt reglerade reglerna från ISTA<sup>52</sup> så finns ett utrymme för variation mellan olika frölab.

På Skogsforsks frölab i Sävar (figur FP23) analyseras fröna med konstant ljus med 20 °C under 16 timmar och 30 °C under 8 timmar. Bordet består av uppvärmda metallskenor med ett vattenbad under skenorna. Etthundra frön läggs på ett filterpapper, från filterpappret finns en pappersstrumpa som leder vatten från vattenbadet upp till filterpappret. Fröna täcks med en genomskinlig plastkupa. Varje analys upprepas på fyra groningsplattor. För att veta andelen fröinsekter i proven röntgas alla grananalyser före inläggning.

Tallfrön får gro i 14 dagar och granfrön i 21 dagar. Tallen avräknas efter 7 och 14 dygn medan granen efter 7, 10, 14 och 21 dygn. Som grott frö räknas fröet om grodden är lika med eller längre än fröets längd. Vid slutavräkningen snittas alla ogrodda frön med skalpell för att räkna fram hur många av de ogrodda fröna som är döda respektive friska, så kallade FEG-frön (friska ej grodda).

Vid slutavräkningen räknas även andelen abnormala frön in. Abnormala frön är frön som grott men som bedöms inte kunna utvecklas till en planta. Det kan till exempel vara frön utan rotspets, frön som saknar klorofyll eller som grott baklänges med barren före roten.

<sup>52</sup> ISTA. 2016. International rules for seed testing. Utgåva 2016. Zürich, Schweiz.



Figur FP23 Groningsanalys på groningsbord i Skogsforsks frölab i Sävar. En analys består av fyra kupor à 100 frön. Foto Ulfstand Wennström.

## Frölagring

För majoriteten av alla växtarter behåller fröna vitaliteten i torrt tillstånd. Dessa arter kallas för *ortodoxa arter*. Torkning av fröet är ofta slutskedet i mognadsprocessen och fröet är i vila i torrt tillstånd. Ortodoxa frön kan med fördel lagras i frys. Ett fåtal svenska och flertalet tropiska arter har så kallade *recalcitranta frön*. Dessa frön skadas om fukthalten blir för låg och fryslagring är därför normalt inte lämpligt. Recalcitranta arter är därför svåra att lagra länge perioder. Exempel på recalcitranta arter är ek, hassel och avokado.

Tall- och granfrön kan med fördel lagras i frys (–20 °C) i torrt tillstånd (4–8 % relativ fukthalt). En tumregel är att 1 % lägre fukthalt fördubblar lagringsbarhetstiden.<sup>53</sup> Låg temperatur minskar respirationen. Förvaring i täta behållare, med så lite luft som möjligt, förhindrar frystorkning. Tall och granfrön kan lagras 50 år utan större kvalitetsnedsättning. Vid lång lagring av frö sjunker vanligen groningshastigheten. Långsamt groende frön kan vid analysen räknas bort (de hinner inte gro på den utsatta tiden) vilket ”felaktigt” gör att grobarheten synes sjunka.

Vitalisering eller IDS-behandling av långtidslagrat frö rekommenderas för att lyfta groningshastigheten, se ”Kvalitetshöjande åtgärder” nedan. Behandlat frö bör inte lagras mer än 2–3 år eftersom behandlingsvinsten då kan gå förlorad.

## Frökvalitet

Ett bra frö för såväl plantskola och för skogssådd kännetecknas bland annat av:

- Hög grobarhet (ger få tompottor)
- Snabb groning (sänker uppvärmningskostnaden av växthus)
- Jämn groning (ger jämnstora plantor)
- Hög frösvikt (ger snabbt vitala och konkurrenståliga plantor)
- Likformig fröstorlek (ger ett frö som fungerar bättre vid maskinell sådd och ger i viss mån även mer jämnstora plantor)

<sup>53</sup> Bewley, J.D. och Black, M. 1994. Seeds – physiology of development and germination. Plenum Press, New York. 445 s.

## Kvalitetshöjande åtgärder

### Fraktionering

Den kanske enklaste behandlingsmetoden är fraktionering. Det finns en mängd olika fraktioneringsmetoder som baseras på till exempel fröets storlek, densitet, form, ytstruktur och färg. Vid rensningen (se avsnittet ”Rensning” ovan) sorteras fröerna främst på densitet för att få fram så nära 100 % matat frö som möjligt.

Före insådd i plantskolor är det vanligt att storleksfraktionera fröet. Storleksfraktioneringen påverkar sällan groningsegenskaperna i någon större utsträckning. Syftet med storleksfraktioneringen är dels att matningen av frö vid insådden ska fungera problemfritt, dels att få jämnare odlingar. Jämnare odlingar får man genom att frövikten är starkt korrelerad till första årets planthöjd.<sup>54</sup> Grundidén är att plantor från små frön kan utvecklas till vitala plantor om de slipper konkurrera med stora plantor från stora frön. Omvänt blir plantor från stora frön inte överväxta om de får konkurrera med plantor från andra stora frön.

### Vitalisering

Vitalisering är en metod främst för att höja fröets groningshastighet och för att få fröna att gro mer samtidigt.<sup>55</sup> Vid vitalisering får fröet tillräckligt mycket vatten för att aktivera biokemiska processer kopplade till frögroning men för lite vatten för att börja gro med utskjutande rot. För att ytterligare förhindra att groningen påbörjas vitaliseras fröna i för groning suboptimal temperatur, +5 °C till +15 °C. Behandlingstid och temperatur anpassas efter art, ursprung och på basis av tidigare groningsanalys.

Generellt sett får sämre utvecklade fröpartier längre behandlingstid och lägre temperatur än väl utvecklade fröpartier. Tall vitaliseras normalt vid lägre temperaturer än gran. Behandlingstiden anpassas till de långsammaste fröerna i partiet. På så sätt kommer de långsamma fröerna ikapp de snabba och man får ett jämnare och snabbare groningsförlopp. Behandlade frön kan torkas till lagringsbar fukthalt med bibehållen vitaliseringsvinst. Gränsen för när ett frö kan tillbakatorkas är när rotspetsen börjar synas.

Lite förenklat kan man säga att man vid vitalisering ger alla fröer möjligheten att mogna fysiologiskt. Är fröet inte anatomiskt moget hjälper dock inte vitaliseringen ända fram.

Vid Skogforsks frölab i Sävar vitaliseras frö på följande sätt:

- Tallfrö vattnas upp till 30 % relativ fukthalt, granfrö till 28 %
- Fröet hålls i ett rör med gortexmembran för att möjliggöra gasutbyte (figur FP24)
- Röret placeras i en klimatkammare med nära 100 % relativ fukthalt och önskad temperatur
- Contortafnö vattnas upp med fri vattentillgång (kall-våt-behandling)

<sup>54</sup> Wennström, U., Bergsten, U. och Nilsson, J.-E. 2001. Early seedling growth with *Pinus sylvestris* after sowing with a mixture of stand and orchard seed in dense spacing. *Can. J. For. Res.* 31, s. 1184–1194.

<sup>55</sup> Bergsten, U. och Simak, M. 1985. Frövitalitet och vitalisering. Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift, nr 1–85, s. 65–74.

För att få en jämn vitalisering roteras röret ett par gånger dagligen. Vitaliseringen avslutas efter 3 till 50 dagar då fröna torkas till lagringsbar fukthalt, det vill säga 4 till 8 %. Vitaliserade frön bör användas inom 2–3 år efter behandlingen.



Figur FP24 Frön under vitalisering på ställning med automatiserad rullning. Foto Ulfstand Wennström.

## IDS-behandling

Vid IDS-behandling både vitaliseras och kvalitetssorteras fröet.<sup>56</sup> IDS står för Invigoration, Separation and Drying. Kvalitetssorteringen bygger på principen att döda och sämre utvecklade frön torkar snabbare än levande fullt vitala frön. Döda frön har trasiga cellmembran och torkar därför fortare än levande frön med aktiva cellmembran. Sämre utvecklade frön torkar snabbare än fullt matade frön därför att de består av mera tomrum.

Vitalisering utförs som beskrivs i avsnittet ”Vitalisering” ovan. Efter vitaliseringen läggs fröna i ett vattenbad i 3 dygn vid +5 °C tills fröerna tagit upp vatten och sjunkit till botten. En akvariepump med luftbubblare hjälper till med syresättningen och omrörningen. Efter uppvattning avskiljs eventuella flytande frön.

De blöta fröna läggs i en svävtork och får torka på en luftström. Svävtorkens botten är perforerad med en mängd hål (figur FP25). Genom hålen strömmar luft som får fröna att sväva på en luftkudde. Syftet med svävtorken

<sup>56</sup> Bergsten, U. 1987. Incubation of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* L. (Karst.) seeds at controlled moisture content as an invigoration step in the IDS method. Akademisk avhandling. SLU, inst. för skogsskötsel.

är att alla frön ska ha möjlighet att torka lika fort. Flytprover tas kontinuerligt under torkningen för att analysera andelen flytande frön.

När andelen flytande frön är lika med den andel frö i partiet som visat sig vara döda, eller den del som avses att avskiljas, avslutas torkningen. Det rör sig vanligen mellan 1 och 9 timmars torkning. Efter torkningen läggs fröna i en balja med vatten och partiet delas i en flytande och en sjunkande del, Den flytande delen består av döda, svagt utvecklade frön och frön med insektslarver. Den sjunkande fraktionen torkas ned till lagringsbar fukthalt.



Figur FP25 Svävtork med perforerad botten för torkning av frön. Foto Ulfstand Wennström.

Sorteringssteget kan även utföras i en sedimentationsränna (figur FP26). I sedimentationsrännan förs fröna in i en lugn vattenström. Fröerna sorteras efter densitet. De med högst densitet sjunker snabbast, lättare frön sjunker ned längre bort från utsläppet och de lättaste flyter upp till ytan. Med en sedimentationsränna kan man alltså dela upp bottenfraktionen i olika kvalitetsklasser.



Figur FP26 IDS-sortering av frö i sedimentationsränna. Foto Mikael Andersson.

Erfarenheten har visat att tallfrön går utmärkt att vitalisera och IDS-behandla om igen om utfallet inte blev som önskat. Man kan till exempel ombehandla

ytröet till skogssådd när man sorterat ut det bästa för plantskolesådd. Granfrö fungerar sällan bra att ombehandla, ibland blir resultatet till och med negativt.

### Uppvattningssortering

Uppvattningssortering är en ny sorteringsmetod. Metoden bygger på att torra fröer flyter och uppvattnade sjunker. Metoden fungerar för bland annat lärk vars fröer kan delas upp i fraktionerna: matat, tomma, förvedade, defekta, fröer med insektslarver samt diverse skräp bland annat från avvingningen. Snabbast att ta upp vatten och sjunka är de förvedade fröerna och delar av skräpet (trasiga matade frön), sedan sjunker de matade fröerna och efter de matade sjunker tomma, insektsfrön, defekta fröer och resterade skräp (till exempel kottrester).

Vid behandling slår man upp fröerna i en stor balja med bottenkran, sedan tappar man ur bottenfraktionen med jämna mellanrum tills andelen sjunkna fröer med råge motsvarar summan av förvedade och matade fröer. Processen tar allt från några timmar till dryga dygnet. Därefter analyseras de sjunkna fraktionerna med röntgen och andelar med liknande andel matade fröer kan slås ihop.

## Plantodling

Odling av skogsplantor sker i Sverige i högt mekaniserade plantskolor där produktionskapaciteten ligger mellan 10 miljoner upp till som mest 100 miljoner plantor per år. Det finns dock ett antal mindre plantskolor med en produktion understigande 1 miljon plantor per år. De trädslag som odlas är i huvudsak tall och gran och det är dessa trädslag som behandlas i detta avsnitt.

### Plantkvalitet

Syftet med plantproduktion är att ta fram plantor som har *hög överlevnad* och *tillväxt* i fält. En planta av hög kvalitet har egenskaper som gör den lämplig för aktuell växtplats; den är anpassad till de förutsättningar som gäller för ett specifikt planteringsobjekt. För att en planta skall hålla hög kvalitet räcker det dock inte med att den överlever och tillväxer bra de första åren. Plantan skall också ha ett rotsystem som inte bara försörjer den med näring och vatten utan också ger en varaktig *förankring* i marken så att inte den framtida stabiliteten äventyras.

I plantskolan kan man påverka plantans egenskaper på en mängd olika sätt genom att anpassa odlingsregimen utifrån de specifika egenskaper som eftersträvas hos plantan.

Exempel på egenskaper som är påverkbara är:

- Morfologi
- Närings- och kolhydratinnehåll
- Härdighet
- Rotbildningsförmåga

Det finns idag relativt goda möjligheter att genom olika test bilda sig en uppfattning om plantans förmåga att etablera sig i fält. Några av dessa test går snabbt att utföra och få svar på, till exempel plantans närings- och vattenstatus, medan andra test är mer tidskrävande såsom fastställande av stresstolerans mot kyla och torka.<sup>57</sup>

Förutom att plantan överlever och tillväxer bra i fält är det önskvärt att den är billig att producera och lätt att hantera och plantera. Dessutom är det viktigt att produktionen sker på ett sätt så att vatten, näring och energi utnyttjas effektivt, med avseende på både ekonomi, plantkvalitet och miljöpåverkan.

### Planttyper

Beroende på produktionssätt delas planttyperna in i *täckrots-*, *barrots-* och *hybridplantor* (en kombination av täckrot och barrot, se vidare avsnittet ”Hybridplantor”). Merparten av den svenska skogsplantproduktionen är idag täckrotsplantor. I södra Sverige är även hybridplantor och barrotsplantor vanliga då de anses klara konkurrens från vegetation och snytbaggeangrepp i högre grad än mindre täckrotsplantor.

Valet av planttyp beror till största delen på marktyp, klimat, ekonomi och skogsägarens mål. Intresset för andra planttyper har väckts på senare tid för att

<sup>57</sup> Mattsson, A. 1997. Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests* 13, s. 227–252.

undvika de problem med rotdeformationer och instabilitet som både täckrotsplanter och barrotsplanter kan ge upphov till, men även av ekonomiska skäl eftersom plantkostnaden utgör en väsentlig del av föryngringskostnaden.

### Täckrotsplanta

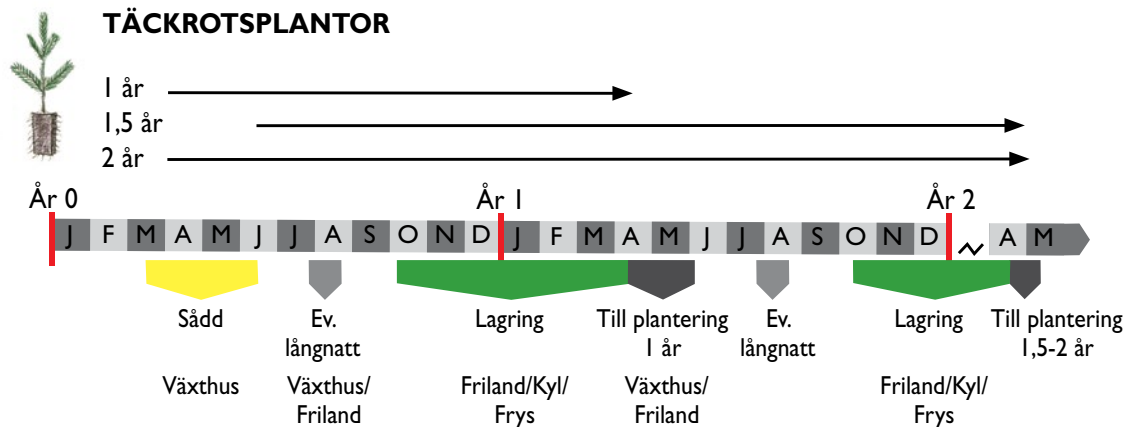


Under tidigt 1970-tal började svenskt skogsbruk använda sig av täckrotsplanter (figur FP27) i större skala i Sverige. Instabilitet och rotdeformationer var problem hos tidigare generationer täckrotsplanter, men idag har man på olika sätt lyckats minska problemen med dåligt formade rötter.<sup>58</sup> Fördelarna med täckrotsplanter jämfört med barrotsplanter är lägre planteringskostnader, kortare produktionstid och förlängd planteringssäsong.

Figur FP27 Täckrotsplanta. Illustration Bo Persson.

Sedan introduktionen av täckrotssystemen har mycket hänt vad gäller odlings- och lagringsteknik liksom vilken typ av odlingsbehållare som används.<sup>59</sup> Precis som tidigare används vanligtvis torv som odlingssubstrat för täckrotsplanter. Under vår och tidig sommar görs sådden i omgångar och odlingen sker inledningsvis i växthus för att sedan följas av utomhusodling under 0,5–2 år (figur FP28).

Under senare år har flera plantskolor börjat utnyttja små omskolningsplanter (mikroplanter) för täckrotsproduktion. Sådd i de små behållarna sker vanligtvis under sensommar eller tidig höst. Efter kyl- eller frys-lagring sker sedan omskolning till slutbehållare under våren med hjälp av en omskolningsrobot. Efter omskolningen placeras plantorna på friland. Tekniken kan ge effektivare utnyttjande av växthusytan, lägre uppvärmningskostnader och jämnare arbetsfördelning i plantskolan.



Figur FP28 Odlingschema för konventionell produktion av täckrotsplanter av olika ålder. Med ”långnatt” avses långnattsbehandling. Vissa plantskolor gör insådder i små behållare i juli till augusti. Dessa mikroplanter lagras över vintern och omskolas i slutbehållare på våren då de sätts ut på friland. Illustration Bo Persson.

<sup>58</sup> Lindström, A. 2011. Plantskolan lektion 16: Odlingsbehållare för skogsplanter. PLANTaktuellt nr 4, 2011.

<sup>59</sup> Lindström, A. 2011. Plantskolan lektion 16: Odlingsbehållare för skogsplanter. PLANTaktuellt nr 4, 2011.



Odlingstid och krukstorlek bestämmer hur stora plantorna ska vara vid utplanteringsstillfället. Små krukor används vid kort odlingstid och större krukor när plantorna skall odlas under längre tid. Generellt sett används mindre plantor i norra Sverige där konkurrensen från hyggesvegetation är relativt låg, medan man i södra Sverige och på bördiga marker använder sig av större plantor.

På hösten när plantorna avslutat sin tillväxt övervintras de på friland eller i frys- eller kylkamer. Innan lagring eller inför höstplantering kan man långnattsbehandla plantorna för att påskynda invintringen och öka deras hårdighet. Med hjälp av långnattsbehandling kan man även stoppa tillväxten hos tallplantor under en kort period under pågående tillväxtsäsong, vanligtvis under några veckor i maj eller juni. På så sätt går det att odla fram plantor med tvåårskaraktär på ett år. Dessa plantor brukar kallas dubbelbarrsplantor. Metoden fungerar inte på granplantor som till skillnad mot tall riskerar att låsa sig i ett vilostadium som gör att skottskjutningen avstannar.

Täckrotsplantor är relativt tåliga och enkla att plantera med hjälp av planteringsrör.

### Miniplantor

Odling av plantor i små behållare för utsättning i skogen har tidigare prövats i bland annat Kanada, Finland och Sverige. Många av dessa tidiga försök misslyckades sannolikt beroende på att plantorna odlats för länge i små behållarvolymmer. I Sverige har forskning kring små plantor visat att det är möjligt att lyckas bra om man tillämpar metoden på väl markberedda svaga till medelgoda marker.<sup>60,61</sup> Vid Bogrundets plantskola norr om Sundsvall produceras idag en liten täckrotsplanta med en odlingstäthet på 1600 plantor/m<sup>2</sup>, det vill säga ungefär två gånger högre täthet än vid konventionell odling.

Fördelen med små plantor och kort odling är lägre kostnader för plantodling och plantering, och att risken för rotdeformationer minskar. Dessutom minskar behovet av bekämpningsmedel i plantskola och fält. Flera resultat från fältundersökningar pekar mot att miniplantan löper mindre risk att drabbas av snytbaggeskador jämfört med konventionella plantor.<sup>62</sup>



### Barrotsplanta

Produktionen av barrotsplantor (figur FP29), från frö till färdig planta, sker utomhus på stora fält, så kallade friland (figur FP30).

Figur FP29 Barrotsplanta. Illustration Bo Persson.

<sup>60</sup> Lindström, A., Hellqvist, C. och Stattin, E. 2006. Resultat från fältförsök med miniplantor 2005. Högskolan Dalarna. Stencil nr 46.

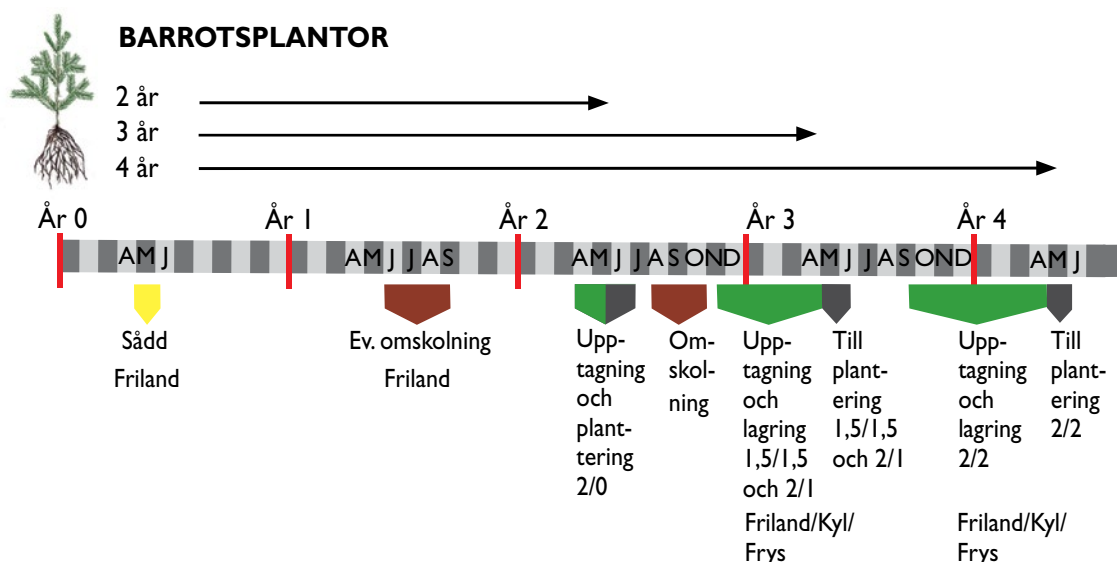
<sup>61</sup> Lindström, A. 2010. Plantskolan lektion 12: Odling, lagring och plantering av miniplantor. PLANTaktuellt nr 2, 2010.

<sup>62</sup> Pettersson, M., Kännaste, A., Lindström, A., Hellqvist, C., Stattin, E., Långström, B. och Borg-Karlson, A.-K. 2008. Mini-seedlings of *Picea abies* are less attacked by *Hylobius abietis* than conventional ones: Is plant chemistry the explanation? *Scand. J. For. Res.* 18, s. 299–306.



Figur FP30 Barrotsplanter på friland. Foto Stefan Andersson.

Sådd sker direkt utomhus i såddsängar under våren (figur FP31). Såddplantorna omskolas sedan i omskolningssängar efter 1,5 år för 3-åriga barrotsplanter (benämnda 1,5/1,5) eller efter 2 år för 3-åriga (2/1) och 4-åriga plantor (2/2). Detta görs för att plantorna ska få mer utrymme för tillväxt och utveckling. Samtidigt fungerar omskolningen också som en selektion där långsamväxande och skadade plantor sorteras bort. Tidigare fanns även ett sortiment som inte omskolades alls (2/0). Dessa plantor var färdiga efter 2 år.



Figur FP31 Odlingschema för barrotsplanter av olika ålder. Illustration Bo Persson.

I och med att barrotsplantorna odlas utomhus har klimatet stor betydelse för hur plantorna utvecklas. Omskolning och upptagning av plantorna är kritiska moment, speciellt om detta sker när plantorna fortfarande är i växt. Omskolningen sker på våren eller sommaren och i vissa fall även på hösten. Som regel bör en planta inte växa i mer än 2 år mellan omskolningarna. Normalt sker plantupptagningen på hösten när plantorna är i vila och lagras sedan i

frys eller kyl under vintern. Alternativt så övervintrar plantorna på friland och tas upp under våren medan de fortfarande är i vila. Efter två till fyra år är plantorna klara för leverans.

Innan lagring eller transport till planteringsplatsen sorteras plantorna och emballeras. Barrotsplantor utsätts ibland för skador under transporten mellan plantskola och utplanteringslokal. Plantornas rötter omges inte av en skyddande torvklump som täckrotsplantan och rötterna kan därför lätt torka ut eller skadas mekaniskt vid hanteringen. Eftersom rotsystemen fått utvecklas relativt fritt måste man se till att rötterna får tillräckligt med plats i planteringsgropen, annars kan plantan få problem med att etablera sig.

Plantering av barrotsplantor under skottskjutningsfas bör undvikas eftersom skotten är känsliga för mekaniska skador och de blottlagda rotsystemen snabbt kan torka ut. Plantering sker med hacka eller borr.

## Hybridplantan

Hybridplantan (ofta betecknad som Plug + eller T +) är en kombination av täckrots- och barrotsplanta. Den är större och grövre än en konventionell täckrotsplanta genom att den efter kort odling i krukset omskolas utomhus i frilandsbädd där den får växa 1–2 år med gott om utrymme (figur FP32). Därefter är de klara för utplantering på hygge.



Figur FP32 Omskolning av blivande pluggplantor. Foto Stefan Andersson.

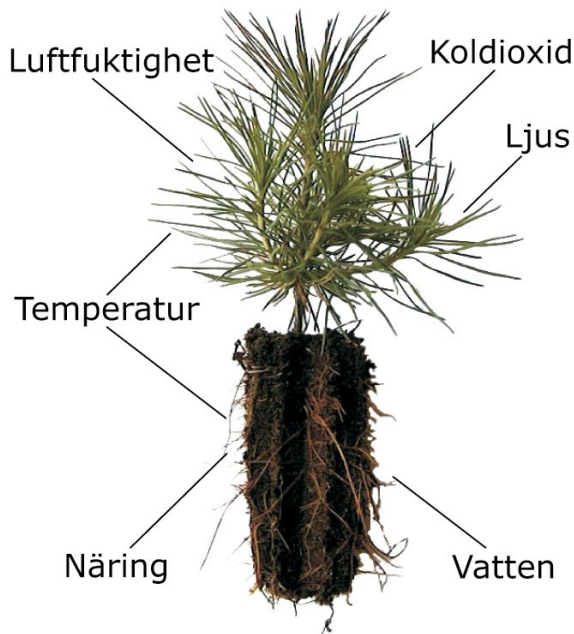
Hybridplantan är ett alternativ till barrotsplantan då den har en stor skottdel men ett kompaktare rotsystem med fler finrötter (figur FP33). Plantering sker på samma sätt som för barrotsplantan. Rotdeformationer kan uppkomma på flera sätt: i odlingskrukan under de första veckorna i växthus och på friland, på friland i samband med omskolningen samt vid planteringen om denna inte sker korrekt så att rötterna får tillräckligt med utrymme.

Hybridplantan har i försök visat sig ha en något lägre initial tillväxt än täckrotsplantor, men å andra sidan har den hög överlevnad och bättre förmåga att klara skador orsakade av frost och snytbaggas, främst på grund av sin storlek.<sup>63</sup>

<sup>63</sup> Johansson, K. 2005. Tillväxt och överlevnad hos nio olika planttyper av gran. SLU, Granprogrammets web-stecil, serien nr 2.

## Grunden för växtproduktion

För att odla plantor bör man ha kunskap om plantans fysiologi. Detta för att förstå vilka processer i plantan man kan påverka genom att ändra odlingsförhållanden som temperatur, luftfuktighet, näring och ljus (figur FP34).



Figur FP34 En planta är beroende av en mängd faktorer i den omgivande miljön. Genom fotosyntesen bildar plantan ett överskott på kolhydrater som den använder för tillväxt.<sup>64</sup>

## Fotosyntes och andning

Motorn som driver plantans tillväxt sitter i bladen och barren. Där finns klorofyll, i vilket koldioxid och vatten omvandlas till kolhydrater och syre med hjälp av solens energi. Processen kallas fotosyntes.<sup>65,66</sup> Genom den bildas glukos som är den enklaste sockerarten och första byggstenen för större kolhydratmolekyler.

### Fotosyntes:



Koldioxid, vatten och energi omvandlas till socker och syrgas.

Glukoset används till plantans andning (respiration) och tillväxt. Vid tillväxten utnyttjas glukoset som byggsten för större kolhydratmolekyler och under andningen bryts glukoset ner och energi, koldioxid samt vatten frigörs. Plantorna andas ständigt, både i ljus och i mörker, men fotosyntetiserar bara i ljus. Detta är viktigt att ta hänsyn till när plantor lagras i plantskola och fält. Lagring i mörker vid höga temperaturer gör att plantorna snabbt förbrukar sin näring och dör.

<sup>64</sup> Lindström, A. 2007. Plantskolan lektion 1: Temperatur och ljus. PLANTaktuellt nr 1, 2007.

<sup>65</sup> Lindström, A. 2007. Plantskolan lektion 1: Temperatur och ljus. PLANTaktuellt nr 1, 2007.

<sup>66</sup> Grossnickle, S.C. 2000. Ecophysiology of northern spruce species. NRC Research Press.

**Respiration:**



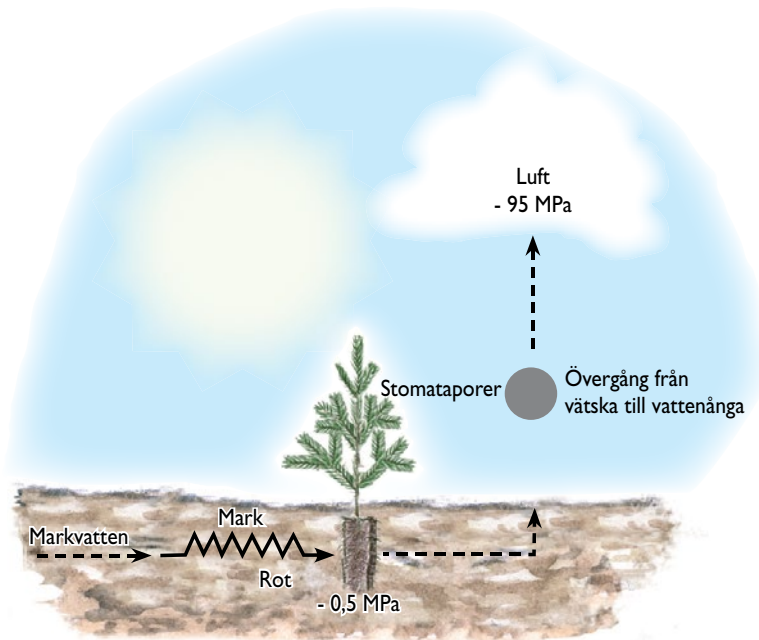
Med hjälp av syret kan sockret brytas ner. Då frigörs energi och bildas koldioxid och vatten.

Det är när plantan fotosyntetiserar mer än den respirerar som ett överskott på kolhydrater bildas. Detta överskott avsätts som tillväxt. Fotosyntes och respiration påverkas i hög grad av omgivande temperatur och tillväxten har ett optimum vid ca 20 °C.

**Transpiration**

Genom att transpirera tar plantan upp vatten som bland annat behövs till fotosyntesen. Vattenupptagningen sker med hjälp av den tryckgradient som bildas mellan rotzonen och atmosfären (figur FP35). Plantans transpiration regleras via klyvöppningarna. För att bibehålla en hög fotosyntes ska klyvöppningarna vara öppna så länge som möjligt. Vid hög temperatur och låg luftfuktighet (høgt tryck i atmosfären vilket gynnar hög transpiration) eller om plantan har problem med vattenförsörjningen, stänger plantan klyvöppningarna och fotosyntesen minskar kraftigt.

I plantskolan har man relativt goda möjligheter att styra vattning och i viss mån klimatet så att man kommer nära optimala förutsättningar för tillväxt. Vid plantering i fält är oftast vattenförsörjningen till plantan begränsande och därmed avgörande för överlevnad och tillväxt



Figur FP35 Transpirationen sker med hjälp av tryckgradienten som uppstår mellan jord och luft (trycket är lägre i luften än i jorden, värdena i figuren är exempelvärden). Illustration: Bo Persson efter Grossnickle (2000).<sup>67</sup>

<sup>67</sup> Grossnickle, S.C. 2000. Ecophysiology of northern spruce species. NRC Research Press.

## Utgångsmaterial vid plantodling

Det vanligaste är att man startar odlingen av plantor med sådd av frö, men man kan också föröka plantor vegetativt genom att ta sticklingar eller via så kallad somatisk embryogenes.<sup>68</sup>

Oberoende av typ av utgångsmaterial är det viktigt att känna till odlingslokalens läge så att plantor av rätt härkomst<sup>69</sup> odlas fram.<sup>70</sup> Det kan till exempel skilja flera veckor i tid för skottskjutning, knoppsättning och invintring inom samma art. Genom att välja en proveniens<sup>71</sup> som skjuter sent kan man minska risken för frostsador under våren. Andra urvalskriterier kan till exempel vara hög tillväxt och bra virkeskvalitet. Till skogsvårdslagens föreskrifter<sup>72</sup> finns uppgifter om vilka härkomster som får användas inom olika delar av landet.

## Frömaterial

Normalt använder plantskolorna idag förädlad frö från fröplantager. Eftersom det ännu inte finns fröproducerande plantager för hela landet förekommer det också att beståndsinsamlat frö används. Beståndsinsamlat frö förekommer bland annat vid odling av gran där fröer hämtas från framför allt Vitryssland.

Förädlad frö från fröplantager har föräldrar med dokumenterat bra avkomor. I Sverige finns fröplantager för både gran och tall med förädlingsgenerationer för flera klimatlägen. Familjer med helsyskon ger den högsta genetiska vinsten eftersom man känner till både moders- och fadersträdet, medan halvsyskon innebär att endast modern är känd. Väljer man beståndsfrö, det vill säga frö från rena skogsbestånd, är informationen om föräldramaterialet liten.

## Insådd

I allmänhet sås frö maskinellt i plantskolan under flera omgångar i en täckrotsplantskola. Den första omgången sås normalt in i februari–mars beroende på läge i landet och ljustillgång. Därefter sår man ytterligare en till två omgångar fram till midsommar. Senare sådder än juli–augusti kan orsaka allvarliga förseningar med invintringen och man kan då få svårigheter med övervintringen.<sup>73</sup>

När det gäller odling av mikroplantor för omskolning brukar sådden ske under sensommaren. Plantorna odlas därefter med tilläggslys under hösten tills de nått lagom storlek och invintras.

I barrotsplantskolorna sker sådden på friland på våren när dygnsmedeltemperaturen är ca 16 °C, vanligtvis som radsådd i såddsängar.<sup>74</sup> Efter ett

<sup>68</sup> Se avsnittet *Somatisk embryogenes*.

<sup>69</sup> Härkomst betecknar ett skogsodlingsmaterials ursprung. För plantor uppdrivna från frö från fröplantage är härkomsten fröplantagens namn.

<sup>70</sup> Se avsnittet *Förflyttningsrekommendationer* under rubriken *Fröproduktion*.

<sup>71</sup> För frö och plantor anger proveniens det område som ett material kommer ifrån då det flyttas.

<sup>72</sup> Skogsstyrelsen. 2015. Skogsvårdslagstiftningen. Gällande regler 18 juni 2015. Tillgänglig på [www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Lagen](http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Lagen).

<sup>73</sup> Lindström, A. 1996. Hur minimerar vi lagringsskadorna? I: Plantproduktion och skador. Skogforsk, Redogörelse 3–1996, s. 34–44.

<sup>74</sup> Rusten, A. och Landmark, L. (redaktörer). 1968. Produksjon av skogplanter. Det Norske Skogselskap.

eller två år, beroende på planttäthet och plantutveckling, omskolas vanligtvis såddplantorna i en omskolningssäng där de får stå i ett eller två år.

### Groning

Optimalt groningsklimat för tall och gran innebär en temperatur på 20–25 °C dygnet runt. Den relativa luftfuktigheten bör ligga på 70–80 % under groningen. Optimal groningstemperatur anges ibland för vissa fröpartier efter att de genomgått ett så kallat termogradienttest. Ett nära optimalt klimat kan man få till i växthus. Av naturliga skäl är det emellertid svårt att åstadkomma optimala betingelser på friland.

Tall- och granfröer kräver inte ljus för att gro. Ganska snart kräver dock groddplantan ljus för att tillväxa normalt. Vid dålig ljustillgång blir groddplantan vek med högt ansatta hjärtblad. Efter någon vecka då groningen normalt kommit ganska långt gynnas granen av odling under kontinuerligt ljus eller kort natt medan tallen gynnas av längre nätter (6 till 8 timmar).<sup>75</sup>

När täckrotsplantor är 10–12 veckor gamla placeras de vanligtvis ut på friland för att skapa plats för en ny såddomgång i växthuset. Där får plantorna sedan stå tills de är redo för lagring eller är färdiga för leverans och plantering.

De flesta plantor odlas i 1–2 säsonger beroende på när plantorna såddes och vilken storlek som eftersträvas. De plantor som är 1,5-åriga sås in på sommaren och växer sedan ytterligare ett år på friland. Plantor som sås på våren blir antingen 1-åriga eller 2-åriga (se figur FP28). Systemet med odling av mikroplantor under höst och omskolning och odling påföljande år innebär att plantorna är 1,5 år när de planteras ut.

### Sticklingar

Vid sticklingsproduktion använder man sig av granens förmåga att bilda rötter från avklippa skott.<sup>76</sup> Förädlade plantor och avkommor som visat på goda egenskaper i fältförsök planteras ut i rader, vanligtvis kallade häckar. Från dessa häckar klipps sedan grenar som sticks i vanliga krukset, varför de kallas sticklingar (figur FP36). Grenarna rotar sig och för att de ska få ett fullgott rotsystem innan plantering i fält bör de odlas under ca 2 år i kukan. För att undvika att plantorna fortsätter att växa som grenar efter utplantering, så kallad *plagiotropisk tillväxt*, är det viktigt att hålla efter häckarna och klippa dem eller byta ut dem så att föryngringsmaterialet inte blir för gammalt.

Sticklingar är oftast grövre än andra planttyper och de skjuter även skott senare på våren, vilket innebär att de inte drabbas av skador orsakade av snytbagge och frost i samma utsträckning som andra planttyper. Försök pågår även med sticklingar av tall men rotningsprocenten är fortfarande för låg för att motivera ett klonskogsbruk med tall. Exempel på framgångsrik sticklingsförökning finns med *Salix* och vissa *Populus*-arter där man inte ens går via plantskolan utan sticker plantan i marken direkt på odlingslokalen.

<sup>75</sup> Lindström, A. 1996. Hur minimerar vi lagringsskadorna? I: Plantproduktion och skador. Skogforsk, Redogörelse 3–1996, s. 34–44.

<sup>76</sup> Högberg, K.A., Eriksson, U. och Werner, M. 1995. Vegetativ förökning och klonskogsbruk – med tonvikt på gran. Skogforsk, Redogörelse nr 2–1995.



Figur FP36 Sticklingar av gran. Foto Karin Hjelm.

### Somatisk embryogenes

Somatisk embryogenes (SE) är fortfarande en metod under utveckling och används i begränsad omfattning i praktiken i Sverige. Vid SE är det vanliga fröet utgångspunkt. Istället för att låta fröet växa upp till enstaka plantor tar man dess embryo och låter det tillväxa på ett odlingssubstrat.<sup>77,78</sup> De celler som bildas på substratet behandlas därefter med hormon och de enskilda cellerna utvecklas då till groddplantor. På så sätt har man ur ett enda frö skapat ett stort antal plantor (figur FP37). Plantorna behandlas sedan som konventionella plantor. Det är dock viktigt att odlingssubstratet hålls fuktigt och en högre luftfuktighet kan krävas i början eftersom plantorna har ett underutvecklat rotsystem.

Förhoppningarna är stora kring denna metod och under 2014 och 2015 började några plantskolor investera i speciella odlingsanläggningar för SE-plantor.

Fördelen med SE är att man kommer ifrån problemet med åldrande förnyngsmaterial som man får i häckar med sticklingar. Dessutom kan embryon fryslagras i flytande kväve, vilket innebär att kloner kan lagras under hela testperioden i fält. De kloner som visar på bäst egenskaper efter fältesterna kan sedan användas för massproduktion. Massproduktion och lagring är också ett bra sätt att bevara den genetiska variationen.

<sup>77</sup> Se: PLANTaktuellt nr 1, 2005, Skogforsk: Satsning på somatisk embryogenes.

<sup>78</sup> Mo, H., Hannerz, M., von Arnold, S. och Högberg, K.A. 1995. Somatisk embryogenes – en ny metod att föröka barrträd. Skogforsk, Resultat nr 20, 1995.





Figur FP37 Plantor från somatisk embryogenes som planterats om i kruks-  
 et. Lagg märke till att plantorna har barr även på de nedersta delarna av  
 stammen, vilket inte groddplantor från frö har. Foto Karin Hjelm.

## Faktorer som påverkar plantans tillväxt

### Odlingssubstrat

Valet av odlingssubstrat är mycket viktigt vid odling av plantor. Vid barrotsproduktion är man beroende av markförhållandena och klimatet runt plantskolan. Ur bearbetningssynpunkt har man traditionellt valt att lägga plantskolor på lättare sandjordar. Optimalt är en självdränerad jord med viss sandinblandning i ett klimat med en jämnt fördelad nederbördsmängd och låg frostrisk.<sup>79</sup>

Vid täckrotsproduktion har man större möjlighet att välja substrat och påverka egenskaperna hos substratet.<sup>80,81</sup> Substratet skall ha sådana egenskaper att plantan kan ta upp lagom mycket vatten, näring och syre för att optimera tillväxt och skapa ett väl utvecklat rotsystem. Substratet ska också vara praktiskt att arbeta med. Det får inte vara för tungt och det ska vara anpassat efter det kruksystem och den fyllningslinje man använder sig av i plantskolan.

### Substratets egenskaper

**Porstorlek.** Porstorleken påverkar materialets vattenhållande förmåga och dess syrehalt. Generellt gäller att små porer håller vatten medan större porer

<sup>79</sup> Aldhous, J.R. och Mason, W.L. (redaktörer). 1994. Forest nursery practice. Forestry Commission, Bulletin 111.

<sup>80</sup> Landis, T.D. 1990. Growing media. The Container Tree Nursery Manual. Volume 2, Agriculture Handbook 674.

<sup>81</sup> Johansson, K. 2008. Plantskolan lektion 5: Odlingssubstrat. Skogforsk, PLANTaktuellt nr 1, 2008.

håller syre. En inblandning av finare partiklar bidrar till att minska materialets porstorlek, vilket ökar den vattenhållande förmågan men minskar syrehalten. En inblandning av större partiklar minskar däremot den vattenhållande förmågan men ökar syrehalten.

Det gäller att hitta en bra balans mellan olika porstorlekar, då syrehalten är av stor betydelse för rötternas funktioner, samtidigt som plantan ska ha en god vattentillgång. Den vatten- och näringshållande förmågan i substratet är inte bara viktig för plantans tillväxt. Att minska läckaget av vatten och näring är av största vikt för både miljö och ekonomi.

**Katjonutbyteskapacitet.** Substratet bör ha en hög katjonutbyteskapacitet och ett initialt lågt näringsinnehåll så att man kan kontrollera näringstillförseln. Utbyteskapaciteten är ett mått på antalet joner som kan bindas i substratet. Katjonutbyteskapaciteten har stor betydelse för lagring av näring eftersom flera av de näringsämnen man gödslar med tillförs som positiva joner, det vill säga katjoner.

**Densitet.** Odlingssubstratets densitet påverkar rotsystemets utveckling och form. Materialet får ej vara så kompakt att plantans rotutveckling hämmas, men inte heller för löst så att rotsystemet inte kan hålla ihop substratet i krukans.

**pH-värde.** En annan viktig faktor att tänka på vid valet av odlingssubstrat är att det håller rätt pH-värde. Barrplantor trivs till exempel i lite surare jordar och pH-värdet kan även påverka näringstillgång och näringsupptag. Ett pH-värde runt 5–6 bibehåller substratets positiva egenskaper med avseende på näringsinnehåll samt är ett bra värde för tillväxt hos barrplantor. Kalkning ökar substratets pH-värde.

**Fritt från skadegörare.** Substratet ska vara fritt från ogräsfrön, patogener och skadegörare. Det är framför allt olika mögelsvampar som man bör se upp med. Desinfektion genom ångning är vanlig liksom kemisk bekämpning av rotpatogener och svampinfektioner. Eftersom samma jordar återanvänds i flera omgångar i barrotsplantskolor måste jorden återkommande bearbetas och behandlas mot olika skadegörare och patogener. Till skillnad mot barrotsplantskolan är sällan odlingssubstratet något problem i täckrotsplantskolan eftersom torven är kontrollerad och ren innan den kommer till användning.

**Torven.** Flertalet täckrotsplantskolor använder torv som odlingssubstrat utan att blanda in något annat än kalk för att få en pH-höjande effekt. Torv är ett organiskt material bestående av växtrester, främst mossa, i olika nedbrytningsstadier (figur FP38). Den mossa som har de bästa egenskaperna är *Sphagnummossan* (vitmossa). En bidragande orsak till att torv används i stor utsträckning i Norden är att det finns gott om Sphagnummossa i landets torvmarker. Fördelen med torv är att materialet innehåller många små porer och att det därmed har en hög vattenhållande förmåga. I grunden har torven ett lågt näringsinnehåll, men en hög katjonutbyteskapacitet. Som exempel kan torven binda mellan 100–200 mg näring per 100 g torrsubstans, medan lera binder 30–40 mg näring. Torv är alltså bra ur näringssynpunkt då den lätt går att gödsla upp.

Torvens förmultningsgrad påverkar dess egenskaper och materialet ändrar ständigt form då nedbrytningen fortsätter i plantskolan. Därför använder man en humifieringsskala från 1–10 som beskriver torvens förmultningsgrad, från ohumifierad torv till fullständigt humifierad (ren humus).<sup>82</sup>

Humifieringsskala		
H 1 – H 3	Låghumuifierad	Avger klart till gult vatten
H 4 – H 6	Medelhumifierad	Avger grumligt vatten
H 7 – H 10	Höghumuifierad	Avger starkt grumligt/dyigt vatten

Ju mer humifierad torv, desto högre katjonskapacitet och vattenhållande förmåga, men lägre syrehållande förmåga. De bästa egenskaperna får man genom att blanda torv av olika humifieringsgrad. För att testa graden av humifiering kan man göra ett kramningsprov i handen. En bra blandning uppför sig som en tvättsvamp, det vill säga att efter sammanpressning återgår den till ursprunglig form.

Torvens egenskaper som substrat påverkas också av hur den skördas och efterbehandlas. Torven kan antingen harvas från mossens yta eller grävas upp och torkas som block. Därefter rivs och siktas torven beroende på hur stor andel finpartiklar man eftersträvar. De flesta plantskolor har egna recept på hur deras torv ska blandas med avseende på struktur och humifieringsgrad.



*Figur FP38* Glasbehållare med finriven torv.  
 Foto Karin Hjelm.

<sup>82</sup> Larsson, G. 1987. Torv som odlingssubstrat. SLU, avd. för skogsförnygring. PlantNytt nr 6, 1987.

### **Inblandning av andra material**

Det finns dock vissa nackdelar med torv som odlingssubstrat. Många små porer kan innebära en risk för övervattning samtidigt som upprepad torka gör att torvens vattenhållande förmåga minskar och materialet blir då vattenavvisande (*hydrofobt*). En inblandning av andra, främst oorganiska, material som exempelvis *perlite*, *vermikulit*, *leca*, *lera*, *pimpsten* eller *sand*, förändrar substratets struktur och egenskaper i olika riktningar.

Perlite är ett vulkaniskt mineral som vid exponering för höga temperaturer bildar vita, lätta partiklar som varken binder vatten eller näring. Perlite tillsätts ofta för att öka porstorleken och därmed syrehalten i substratet. Vermikulit, också ett mineral som värmebehandlats, förbättrar dräneringen och minskar risken för övervattning. Till skillnad från perlite kan vermikulit binda vissa näringsämnen. Fina partiklar som lera minskar porstorleken och ökar den vattenhållande förmågan. Inblandning av lera kan även förbättra plantans etablering i fält.

Då odlingssubstrat baserade på torv har ett lågt pH-värde tillsätts kalk, vanligtvis *dolomitkalk*, innan torven levereras till plantskolan. I och med att torven i stort sett saknar näring måste den antingen grundgödslas eller så tillförs näring via bevattningssystemet under odlingen i plantskolan. Substratet kan vattnas upp antingen före eller efter sådd. Vid sådd i torra behållare är det viktigt att se till att fröet inte försvinner ur behållaren vid vattning och förflyttning.

### **Alternativa odlingssubstrat**

Även om blandningar med torv är det vanligaste odlingssubstratet, har en mängd andra material testats. Några av dessa material är självbärande, vilket ger möjlighet att minska risken för rotdeformationer genom att plantan kan odlas utan behållarväggar och därmed rotbeskäras med hjälp av luft eller på mekanisk väg. Ett exempel är odling i stenull – ett material som består av fibrer av bergarten diabas som smälts tillsammans med koks.<sup>83</sup> Stenullen har en stor porvolym samtidigt som den håller ihop under odlingstiden och plantans rötter kan växa ut ur materialet på alla nivåer och luftbeskäras. Nackdelen med stenull är substratets låga vattenhållande förmåga och dess brist på näringsämnen, vilket kräver noggrann kontroll av bevattning och gödsling.

Problemet med att få en god substratsammanhållning kan också lösas genom att omsluta substratet med ett för rötterna genomträngligt material, så att en luftbeskäring av plantans rötter kan ske runt hela mantelytan. Exempel på detta är odlingsystemet Jiffy som består av komprimerad torv omsluten av ett tunt nät och Finnpot där behållarväggen består av komprimerad torv. Man kan även tillsätta substratsammanhållande medel i torven och på så sätt skapa ett självbärande material. Olika typer av lim, tjära och gummi har testats med varierande resultat. Preforma är ett exempel på ett substrat där torvfibrerna hålls samman på konstlad väg. Även inblandning av lera ger en viss klistringseffekt, framförallt i pulveriserad form.

Organiska material som kan utgöra substitut för torv är till exempel sågspån och bark, kokosfibrer och rötslam. Dessa finns inte att tillgå som standardiserade produkter för skogsplantodling i Sverige, varför individuella

<sup>83</sup>Nyström, C. 1983. Odlingssystem rockwool. SLU, avd. för skogsförnygring. PlantNytt nr 5, 1983.

substratpartier bör analyseras innan odlingsstart för att få en uppfattning om sammansättning vad gäller näring, patogener, porstorlek, med mera. Inom trädgårdsnäringen förekommer det att man odlar direkt i pimpsten och perlite utan inblandning av andra material.

## Näring

Olika näringsämnen har olika betydelse för plantans fysiologiska funktioner.<sup>84</sup> Bland annat spelar kväve och fosfor en viktig roll i fotosyntesprocessen och kalium påverkar plantans vattenstatus. Brist på näringsämnen kan leda till tillväxtnedsättning och i värsta fall plantdöd. Det kan vara svårt att se vilket eller vilka näringsämnen som plantan lider brist på då de olika symptomen inte skiljer sig nämnvärt åt. Exempel på bristsymptom är gulnande och döende barr, låg tillväxt och vridna skott.<sup>85</sup>

## Viktiga näringsämnen

Plantorna behöver olika mängd av de olika näringsämnena. På grundval av detta brukar man indela ämnena i makro- och mikronäringsämnen. *Makronäringsämnena* är de näringsämnen som plantan tar upp i stora mängder och hit räknas kväve, fosfor, kalium, kalcium, magnesium och svavel. Till *mikronäringsämnena* räknas järn, mangan, bor, zink, koppar, klor och molybden. De rekommenderade näringsdoserna för gran och tall i proportion till mängden kväve redovisas i tabell FP2.<sup>86,87</sup>

*Tabell FP2* Rekommenderade näringsdoser för makro- och mikronäringsämnen i proportion till mängden kväve vid odling av plantor av tall och gran.

Makronäringsämne	Proportion	Mikronäringsämne	Proportion
Kväve (N)	100	Järn (Fe)	0,7
Fosfor (P)	13	Mangan (Mn)	0,4
Kalium (K)	65	Bor (B)	0,2
Kalcium (Ca)	7	Zink (Zn)	0,06
Magnesium (Mg)	8	Koppar (Cu)	0,03
Svavel (S)	9	Klor (Cl)	0,03
		Molybden	0,007

## Näringstillförsel

När groddplantan släpper fröskalet, vilket normalt sker 10–14 dagar efter sådd, är det lämpligt att börja tillsätta näring. Den mest effektiva gödslingsmetoden är näringsbevattning där man tillsätter en flytande näringslösning i plantskolans bevattningsanordning. Andra gödslingsmetoder som kan användas är att blanda gödsel i substratet eller att använda långsamutlösande gödsel.

<sup>84</sup> Landis, T.D. 1989. Mineral nutrients and fertilization, The Container Tree Nursery Manual. Volume 4, Agriculture Handbook 674..

<sup>85</sup> Hartmann, G., Nienhaus, F. och Butin, H. 1989. Skador och sjukdomar på träd – en diagnosbok. Bokskogen.

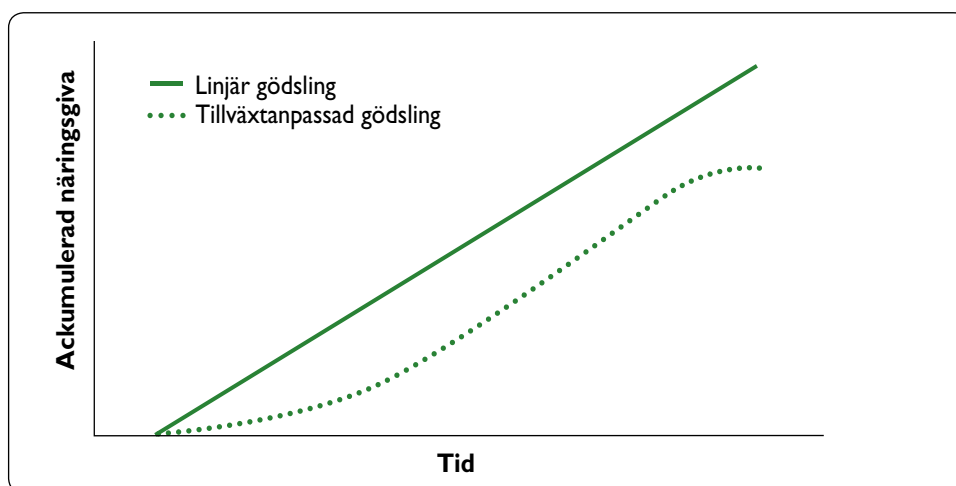
<sup>86</sup> Rytter, L. 2007. Plantskolan lektion 2: gödsling av täckrotsplantor. Skogforsk, PLANTaktuellt nr 2, 2007.

<sup>87</sup> Ingestad, T. 1959. Mineral nutrition of spruce. Physiologia Plantarum 12, s. 568–593.

Valet av odlingssubstrat kan påverka behovet av gödsling. Detta gäller särskilt i början av odlingen då substrat av olika typer binder olika mycket näring. Den bundna näringen är inte lika lättillgänglig för plantorna som den som finns löst i markvätskan.

Näringstillgången kan optimeras genom att tillförsel av näringsämnen sker genom en balanserad sammansättning som är anpassad till plantans tillväxt (figur FP39).<sup>88</sup> Alternativt kan man använda sig av linjär gödsling där samma giva tillförs konstant. Ett normalt gödslingsprogram är att man använder ett fullgödselmedel och med detta ger 2–3 gram N per m<sup>2</sup> och vecka fram till mitten av augusti och därefter trappar ner under en knapp månad.

I slutet av tillväxtsäsongen minskar plantans behov av näring. Invintringsprocessen som inbegriper knoppbildning, knoppmognad och ökad tolerans mot kyla är emellertid en energikrävande process som också kräver tillgång på näring. Därför är det motiverat att inte minska tillförseln av gödsel för tidigt utan att istället successivt trappa ner tillförseln.<sup>89</sup> Numer fortgår gödslingen långt in på hösten med något lägre givor.



Figur FP39 I skogsplantskolor kan man tillämpa så kallad linjär respektive tillväxtanpassad gödsling.<sup>90</sup>

Ett sätt att kontrollera gödslingen i en täckrotsplantskola är att mäta ledningstalet i pressvattnet från odlingssubstratet. Ledningstalet anger den elektriska ledningsförmågan och ger ett mått på hur många fria näringsämnen som finns tillgängliga för plantan. En jämn nivå är att föredra och ledningstalet kan variera mellan olika plantskolor, 0,5–1,5 mS (milliSiemens) per cm under den aktiva tillväxtfasen. Nackdelen med den här metoden är att man inte ser vilka ämnen plantan har tillgång till, utan värdet är bara ett riktmärke. Ett högt värde, till exempel 3,0 mS, kan vara tecken på övergödning som kan

<sup>88</sup> Rytter, L., Ericsson, L. och Rytter, R. 2003. Effects of demand-driven fertilization on nutrient use, root:plant ratio and field performance of *Betula pendula* and *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 18, s. 401–415.

<sup>89</sup> Troeng, E. 1987. Inverkan av CO<sub>2</sub>, näring och temperatur på knoppbildning hos gran. SLU, avd. för skogsförnygring. *PlantNytt* nr 5, 1987.

<sup>90</sup> Efter: Rytter, L., Ericsson, L. och Rytter, R. 2003. Effects of demand-driven fertilization on nutrient use, root:plant ratio and field performance of *Betula pendula* and *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 18, s. 401–415.

orsaka skador. Pressvattnet från substratet bör ha ett pH på 4,5–5,5 och bör ej understiga 4,0 eller överstiga 6,0.<sup>91</sup>

Man kan också titta på plantornas färg, att de ser gröna och friska ut, samt göra näringsanalyser på ett antal plantor för att kontrollera att gödslingen ligger på en lämplig giva. Plantornas kvävehalt bör ligga runt 2 %.

Precis som täckrotsplantor behöver barrotsplantor tillgång till de viktigaste näringsämnen. Jorden bör därför gödslas utifrån plantornas behov. Vid frilandsodling i marksängar har klimatet och jordens struktur och dess fysikaliska egenskaper stor betydelse för resultatet. Markens pH-värde och kationbyteskapacitet påverkar mängden tillgängliga näringsämnen och därmed plantornas tillväxt.

Höga marktemperaturer bidrar till en ökad mineralisering och i nederbördsrika områden finns det risk för utlakning av främst kväve. Både jordprover och barrprover bör tas med jämna mellanrum för att säkerställa markens och plantornas näringsstatus. Tillförsel av gödsel påverkar i hög grad plantans förhållande mellan skott och rot. Höga ledningstal (höga givor) ger en liten rot i förhållande till skottet.<sup>92</sup>

## Bevattning

För att en planta ska kunna växa och hålla nödvändiga fysiologiska processer igång krävs att den har tillgång till vatten. Bevattning i plantskolor sker idag vanligtvis via rörliga bevattningsramper eller med fasta sprinklersystem.

Det är viktigt att bevattningen sker jämnt fördelat både i tid och rum för att vara effektiv och för att minska läckage av både vatten och näring.<sup>93</sup> Faktorer som inverkar på bevattningen är vattnets tryck, munstyckets storlek, avståndet mellan munstyckena samt eventuell påverkan av vind. Vid täckrotsodling kan vattenhalten hållas på lämplig nivå genom att man väger enskilda kruket eller hela ramar. Även enklare mätutrustning finns att tillgå för att mäta vattenhalt i enskilda krukor. Vikten bör inte överstiga 85 % av vikten vid full uppbevattning och inte heller understiga 70 % av maximal vikt.<sup>94</sup> Det är viktigt att odlingsbehållarna är försedda med hål i botten för att dränera överflödigt vatten.

## Substratets betydelse vid bevattning

Plantans vattenstatus beror både på jordens eller odlingssubstratets vattenhållande förmåga samt på den omgivande atmosfärens ångtryck. Vattentillgången påverkas genom valet av substrat eftersom ett finkornigare material håller mer vatten än ett grovkornigt. Vatteninnehållet kan vara mycket högt i ett finjordsrikt substrat men detta vatten kan till mycket stor del vara så hårt bundet till substratet att det inte kan utnyttjas av plantorna. Därför används sällan riktigt höghumifierad torv vid plantodling, också eftersom det kan för-

<sup>91</sup> Lindström, A. 1996. Hur minimerar vi lagringsskadorna? I: Plantproduktion och skador. Skogforsk, Redogörelse 3–1996, s. 34–44.

<sup>92</sup> Ackzell, L. 1986. Tillväxtreglering genom näringsstyrning. SLU, avd. för skogsförnyring. PlantNytt nr 3, 1986.

<sup>93</sup> Landis, T.D. 1989. Irrigation and water management. The Container Tree Nursery Manual. Volume 4, Agriculture Handbook 674.

<sup>94</sup> Lindström, A. 1996. Hur minimerar vi lagringsskadorna? I: Plantproduktion och skador. Skogforsk, Redogörelse 3–1996, s. 34–44.

orsaka syrebrist. Syrebrist kan även uppkomma vid dålig dränering och för hög vattentillförsel. I värsta fall kan plantan dö om syrehalten blir för låg. Om vatteninnehållet i substratet är för lågt kan plantan drabbas av torkstress.

Bevattningsbehovet beror däremot på klimatet och jordartens struktur i en barrotsplantskola. Sandjordar är väl-dränerade medan lerjordar håller större mängder vatten. Bevattningsanläggningar krävs i de flesta fall för att undvika torka och ibland även för att undvika frostsador på plantorna.

## Luffuktighet

Luftfuktigheten i plantskolan påverkar både transpirationen från plantorna och evaporationen från odlingssubstratet. För att beskriva luftfuktigheten använder man sig ofta av begreppen RH (relativ luftfuktighet) och VPD (Vapor Pressure Deficit).

Den relativa luftfuktigheten beskriver hur mycket vatten luften innehåller i förhållande till maximalt vatteninnehåll. Vid hög temperatur kan luften hålla mer vatten än vid låg temperatur. I plantskolan innebär detta till exempel att man under natten när temperaturen är låg i växthuset får en hög relativ luftfuktighet, kanske upp mot 90 %. När temperaturen sedan stiger på dagen kommer den relativa luftfuktigheten att sjunka. Luften innehåller dock fortfarande samma mängd vatten men plantorna upplever en större skillnad i vattenpotential mellan skott och rot.

Den rekommendation som gäller under gröningsfasen är att den relativa luftfuktigheten bör ligga på 70–80 %. Under tillväxtfasen bör man sträva efter en lägre relativ luftfuktighet, 50–70 %, eftersom alltför hög luftfuktighet gynnar utveckling av mögel, svamp och mossor.<sup>95</sup> Dessutom riskerar en alltför hög luftfuktighet att orsaka rotövertväxning mellan behållare med öppna spalter, det vill säga rotbeskärningen med luft reduceras.

VPD beskriver atmosfärens tryck och räknas ut genom att ta differensen mellan det tryck luften har då den är mättad med vatten och det för tillfället rådande trycket. Denna skillnad ger ett mått på den mängd vatten som krävs för att mätta luften. VPD bör ligga runt 1,0 kPa i plantskolan. Ett högre VPD innebär att plantornas transpiration ökar och de kan utsättas för torka.

## Temperatur

I växthus har man goda möjligheter att kontrollera temperaturklimatet. Under gröningsfasen bör temperaturen som tidigare nämnts ligga på 20–25 °C för både tall och gran. Under tillväxtfasen, när groddplantorna släppt fröskalet, ska man anpassa temperaturförhållandena till respektive trädslag.

För att få god tillväxt och invintring hos tall bör nattemperaturen vara betydligt lägre än dagstemperaturen, till exempel 25/15 °C. Granen gynnas däremot av små skillnader mellan dag- och nattemperatur. Lagom odlings-temperatur för gran är 20/20 °C.<sup>96</sup>

Små avvikelser från optimala temperaturer påverkar inte tillväxten nämnvärt. Bli det däremot mycket höga temperaturer i växthuset, upp mot 40–45 °C, ökar respirationen och plantan avger mer koldioxid än den tar upp och

<sup>95</sup> Lindström, A. 1996. Hur minimerar vi lagringsskadorna? I: Plantproduktion och skador. Skogforsk, Redogörelse 3–1996, s. 34–44.

<sup>96</sup> Dormling, I. och Lundkvist, K. 1983. Vad bestämmer skogsplantors tillväxt och hårdighet i plantskolan? SLU, Skogsfakta nr 8.



tillväxten avstannar. En hög temperatur ihop med hög luftfuktighet kan också medföra problem med ökade angrepp av skadegörare. Om tall eller granplantor får växa i det andra trädslagets optimala temperaturförhållanden blir invintringen avsevärt försenad.<sup>97</sup>

### Frilandsodling

När det gäller barrotsplantor och täckrotsplantor under frilandsfasen finns endast begränsade möjligheter att påverka temperaturen. Under odlingsäsosongen kan man använda skuggdukar eller odlingsvävar för att skydda mot extremt höga temperaturer och strålning. Det är framförallt unga täckrotsplantor som just lämnat växthusen som behöver skyddas på detta sätt.

Dukarna kan även användas i syfte att förhindra frostsador på plantorna men även bevattning av plantorna kan skydda dem mot fryssador. Dessa två sätt att förhindra fryssador har sina begränsningar. När lufttemperaturen går ner mot  $-5\text{ °C}$  är de otillräckliga. På vintern kan temperaturen på friland påverkas genom att man täcker plantpartierna med konstsnö. Avsikten är då framförallt att skydda plantornas rötter mot skadligt låga temperaturer.<sup>98</sup>

### Ljus

Ljus, som egentligen är elektromagnetisk strålning, är en viktig faktor i fotosyntesen. Det är viktigt att se till att vi skapar rätt sorts ljus och tillför det i rätt mängd när vi odlar våra plantor med artificiellt ljus i växthus.<sup>99,100</sup> Ljuset kan beskrivas både vad gäller styrka och våglängd. När det gäller odling av växter är det vanligt att man beskriver ljuset som den fotosyntetiskt absorberbara strålningen. Måttet för detta är  $\mu\text{mol} \times \text{s}^{-1} \times \text{m}^{-2}$  och uttrycker mängden fotoner som under en sekund träffar en yta av  $1\text{ m}^2$ .

Lux är ett ofta använt mått på hur mycket synligt ljus som faller in på en belyst yta. Eftersom olika ljuskällor skickar ut olika våglängdsblandningar är det inte säkert att man i en specifik ljuskälla har med det fotosyntetiskt aktiva ljuset (400–700 nm). Man kan därför missta sig och tro att en ljusstark källa skall räcka till för god planttillväxt.

### Ljusets våglängd

De våglängdsområden som är intressanta i odlingssammanhang är två specifika våglängdsområden inom det synliga ljuset, så kallad assimilationsbelysning (figur FP40). Vid valet av växthuslampor är det därför viktigt att veta lampans våglängdsintervall men även ljusstyrka. Saknas det till exempel violett/blått ljus (400–490 nm, kortvågigt ljus) riskerar plantorna att bli långa och gängliga.

Plantans förmåga att känna av kvaliteten på ljuset och nattens längd (fotoperioden) sker genom ett ljuskänsligt blågrönt pigment, fytokrom, som bland annat finns i plantans knoppar. Ljuset från solen innehåller en hög andel rött

<sup>97</sup> Dormling, I. 1990. Temperatur, ljus och odlingstidens längd påverkar plantors möjligheter att härdas. SLU, Skogsfakta konferens 14.

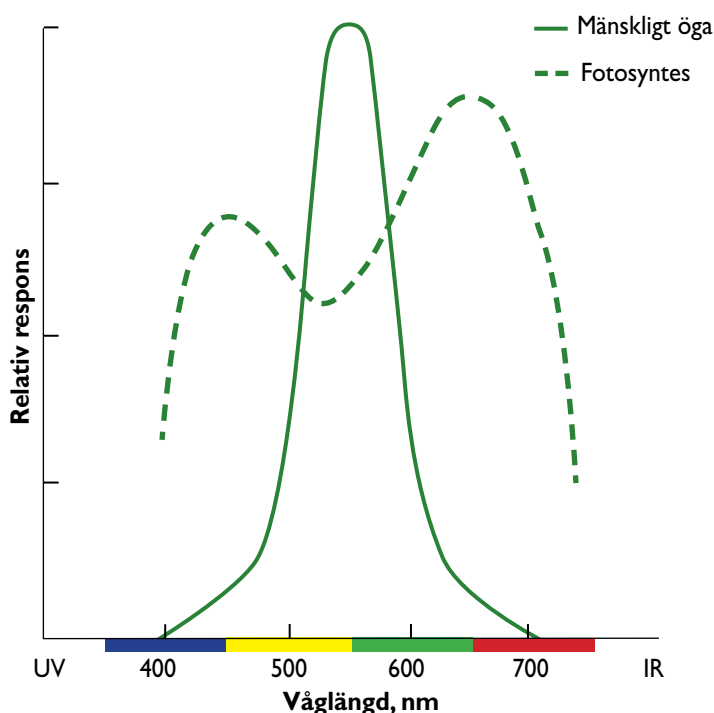
<sup>98</sup> Se avsnittet ”Lagring”.

<sup>99</sup> Landis, T.D. 1992. Atmospheric environment, The Container Tree Nursery Manual, Volume 3, Agriculture Handbook 674.

<sup>100</sup> Lindström, A. 2007. Plantskolan lektion 1: Temperatur och ljus. PLANTaktuell nr 1, 2007.

Ljus (600–700 nm, långvågigt ljus) som aktiverar fytokromet som i sin tur stimulerar knoppskjutning, fortsatt tillväxt, avhärdning, frögroning, med mera.

En hög andel mörkröd färg (750 nm – nära infraröd, mycket långvågigt) inaktiverar fytokromet, vilket stimulerar knoppsättning, tillväxtavslutning och uppbyggnad av hårdighet. Det finns speciella lampor framtagna för att ge lämpligt våglängdsområde för odling. En vanlig typ är högtrycksnatriumlampor som man ofta kombinerar med lysrör för att få tillräckligt med ljus inom de lägre våglängdsområdena. Under senare år har LED-lampor (Light Emitting Diodes) introducerats i odlingsmanhang. Dessa är mycket energisnåla jämfört med till exempel natriumlampor och möjliggör ofta ett flexibelt val av ljusspektrum för olika grödor.<sup>101</sup>



*Figur FP40* Vid plantodling är två våglängdsområden inom det synliga ljuset intressanta (violett/blått ljus, 400–490 nm, och rött ljus, 600–700 nm). Detta är viktigt att ta hänsyn till vid val av växthuslampor.<sup>102</sup>

### Ljusstyrka viktigt

För att få bra tillväxt hos plantor med hjälp av konstljus krävs mycket kraftiga och energikrävande installationer av den typ som används i så kallade klimatkamrar eller fytotroner. Detta kan vara aktuellt när man förödlar små plantor mycket tätt i odlingskammare.

Högtrycksnatriumlampor i växthus kan beroende på antal och montage ge tillräckligt ljus för fotosyntes (1500–6500 lux), men dessa förhållandevis effektiva lamptyper ger ändå ett lågt energiflöde jämfört med naturligt ljus.

<sup>101</sup> Landis, D., Pinto, J.R. och Dumroese, R.K. 2013. Light emitting diodes (LED) – Application in forest and native plant nurseries. Forest Nursery Notes. USDA, Forest Service, vol. 33:2, s. 5–13.

<sup>102</sup> Lindström, A. 2007. Plantskolan lektion 1: Temperatur och ljus. PLANTaktuellt nr 1, 2007.

Därför bör alltför tidiga och sena sådder undvikas. Visserligen kräver själva groningen inget ljus men ganska snart behöver groddplantan ljus för god tillväxt. Samtidigt händer det mycket när det gäller den energieffektiva LED-belysningen. Den snabba utvecklingen av den här lamptypen kan förbättra möjligheterna att odla med hjälp av konstljus.<sup>103</sup>

Brist på ljus visar sig genom att groddplantan blir vek med högt ansatta hjärtblad. Fortsatt dåliga ljusförhållanden innebär att plantorna blir långa och gängliga och de saknar ofta normal grenbildning. En vanlig orsak till dålig plantutveckling är ljuskonkurrens mellan plantor när de odlas för tätt och för länge, vilket minskar planttillväxten och kan bidra till barrförluster.

Ökad ljusintensitet ger en mycket snabb ökning av fotosyntesen tills ljusmättnad nåtts. När ljuset är som intensivast på året kan inte plantan tillgodogöra sig all energi från strålningen utan ljuset kan snarare ställa till problem. Sent på våren kan ljuset vara så starkt att plantorna kan behöva skyddas, speciellt i samband med utflyttning av täckrotsplantor från växthuset till friland. Annars kan de drabbas av en ljuschock.

Det kan ta tid för den växthusodlade plantan att anpassa sig till frilandets höga nivåer av både fotosyntetiskt ljus och UV-ljus. Ofta uppstår pigmentkador på plantorna i samband med utflyttning som kan reducera plantornas fotosyntesförmåga.<sup>104</sup>

### Trädslagen reagerar olika på ljus

Gran och tall reagerar olika på ljusstillgången vad gäller knoppbildning. Granen växer kontinuerligt om den har tillgång till ljus dygnet runt, medan tallen har tillväxtecykler som gör att den till slut avstannar och sätter knopp trots en obegränsad tillgång på ljus.<sup>105</sup> Hos unga tallar bryter dock denna knopp inom kort om tillväxtbetingelserna fortfarande är gynnsamma.

Granens knoppsättning styrs hårt av nattlängden (figur FP41). För att kunna odla gran tidigt på våren eller under sensommaren i plantskolan krävs det därför tilläggsljus, speciellt för nordliga provenienser. Annars kan den kritiska nattlängden för knoppsättning överskridas och granplantorna fortsätter därefter inte att växa förrän nästa säsong. De lampor som används i växthus ger ofta tillräckligt med ljus för att plantorna inte ska sätta knopp och 300 lux räcker för att förlänga dagen i syfte att förhindra knoppsättning hos gran vid tidig och sen sådd.

Nordliga och högt belägna provenienser reagerar på kortare natt än sydliga provenienser från lägre höjd över havet. Dessa genetiskt styrda reaktioner är en anpassning till växtplatsens förutsättningar. Kunskap om de olika granprovenienserernas kritiska nattlängd liksom plantskolans nattlängder under olika tidpunkter på året är därför nödvändig information om man skall lyckas att odla gran.

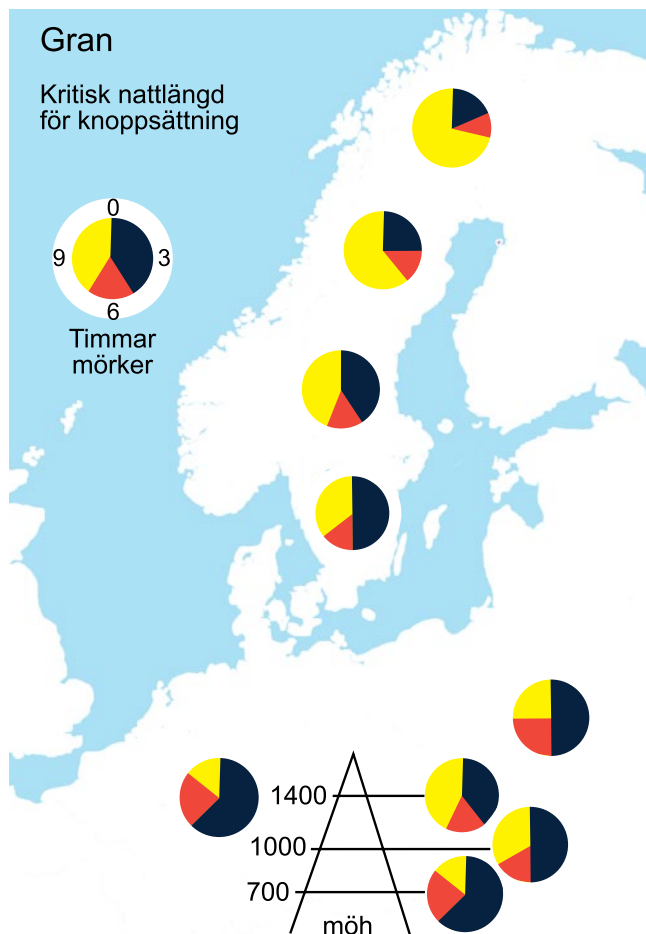
På hösten är det angeläget att få plantorna att invintra i tid inför plantering och lagring. Många plantskolor förlänger natten med hjälp av speciella

<sup>103</sup> Landis, D., Pinto, J.R. och Dumroese, R.K. 2013. Light emitting diodes (LED) – Application in forest and native plant nurseries. Forest Nursery Notes. USDA, Forest Service, vol. 33:2, s. 5–13.

<sup>104</sup> Lindström, A. och Wallin, E. 2015. Högskolan Dalarna. Muntlig uppgift.

<sup>105</sup> Dormling, I. och Lundkvist, K. 1983. Vad bestämmer skogsplantors tillväxt och hårdighet i plantskolan? SLU, Skogsfakta nr 8.

mörklägningsanordningar både i växthus och på friland. Det är viktigt att dessa verkligen utestänger ljuset fullständigt eftersom så lite som 25 lux kan få riktigt sydliga granprovenienser att växa vidare.<sup>106</sup>



Figur FP41 Kritisk nattlängd för knoppsättning (CN) hos gran av olika ursprung, det vill säga den nattlängd som gör att knoppar bildas hos minst halva antalet årsplantor av visst ursprung. Svart sektor = CN då plantorna odlats i kontinuerligt ljus. Svart + röd sektor = CN under naturliga nattlängdsförhållanden (natt = tid mellan solens upp- och nedgång). Källa: Dormling (1990).<sup>107</sup> Notera att både latitud och altitud har resulterat i en variation i granens nedärvda fotoperiodiska reaktioner där latituden haft ett stort inflytande i Sverige, medan altituden också varit viktig för den mel-laneuropeiska granen.

### Odlingstätheten styr plantstorleken

Odlingstätheten, det vill säga hur tätt plantorna odlas, påverkar plantans storlek i hög grad. Ju tätare plantorna växer, desto mer konkurrerar de om ljus och skottdelen minskar i jämförelse med mer gles odlade plantor av samma ålder. Vid en låg odlingstäthet med ett glesare förband påverkas både

<sup>106</sup> Dormling, I. 1990. Fytotronen under 25 år. SLU, Skogsfakta konferens 14.

<sup>107</sup> Dormling, I. 1990. Temperatur, ljus och odlingstidens längd påverkar plantors möjligheter att härddas. SLU, Skogsfakta konferens 14.

diameter, höjd och biomassa positivt. Med ett glesare förband kan alltså större plantor odlas fram under en kortare tid än vid tätare förband. Samtidigt minskar mängden producerade plantor vid samma odlingsareal. Därför är både odlingstid och odlingstäthet viktiga faktorer att beakta med avseende på plantskolans ekonomi.

Odlingstätheten vid täckrotsodling varierar mellan 300–900 plantor per m<sup>2</sup>. Kort odling under en säsong vid hög planttäthet är vanlig i norrländska plantskolor där behovet av en stor planta är mindre än i södra Sverige där täckrotsplantan ofta odlas under två säsonger. Förodling av mikroplantor vid mycket täta förband (ca 2000-2500 plantor per m<sup>2</sup>) börjar bli allt vanligare. Efter några veckors odling omskolas mikroplantor i slutbehållare som sedan ställs ut på friland.

Miniplantor avsedda att planteras ut direkt i fält odlas i plantskolan vid en planttäthet på 1500-2000 plantor per m<sup>2</sup>.

Vid barrotsodling är planttätheten vanligtvis relativt hög i såddsängen, runt 300-600 plantor per m<sup>2</sup>. Efter omskolning ges plantan betydligt större utrymme för att gynna skott- och diameterutveckling och planttätheten varierar vanligtvis mellan 50-150 plantor per m<sup>2</sup> beroende på hur länge man avser att odla plantorna.<sup>108</sup>

## Odlingsbehållare

Det finns en mängd olika odlingsbehållare för odling av täckrotsplantor och många plantskolor har själva varit med och utvecklat sina odlingsssystem. Plantproduktionen skall resultera i en planta av hög kvalitet till rimliga kostnader för odling och hantering. Odlingsbehållaren är en av flera komponenter i ett idag mycket avancerat hanteringssystem i plantskolan.

De flesta täckrotsplantor odlas i krukset tillverkade av hårdplast eller frigolit, men även krukor gjorda av nedbrytbara material eller självbärande substrat som följer med vid plantering kan användas. Typ av rotstyrning, behållarvolym och odlingstäthet skiljer sig åt mellan olika odlingsbehållare. Genom att variera och kombinera dessa faktorer kan man påverka både plantstorlek och rotsystemets utformning och utbredning.<sup>109</sup>

## Behållarens utformning

### Form och färg

Material, form och storlek på odlingsbehållaren påverkar plantans utveckling i plantskolan. Tillverkningsmaterial och färg på behållaren påverkar främst odlingssubstratets temperatur. En mörkare färg och tunnare plastväggar ökar temperaturen i substratet, medan en ljusare färg absorberar värme sämre. En förhöjd temperatur kan påverka plantans rotutveckling positivt, men kan även ha motsatt effekt om temperaturen blir extremt hög. Temperaturvariationer i koniska behållare med luftspalter är större än i slutna behållare.

Behållarens form och placering på friland har stor betydelse på vintern när det gäller risker för frysskador på rötter. Behållare tillverkade av ett isole-

<sup>108</sup> Dureya, M.L. och Landis, T.D. 1984. Forest nursery manual-production of bareroot seedlings. Kluwer Academic Publisher Group, AH Dordrecht, Nederländerna.

<sup>109</sup> Landis, T.D. 1990. Containers: types and functions. The Container Tree Nursery Manual. Volume 2, Agriculture Handbook 674.

rande material som frigolit ger ett visst skydd mot kyla genom att odlingssubstratet fryser in något långsammare på hösten i dessa behållare.

När substratet väl frusit är risken för rotskador stor även i dessa behållare.<sup>110</sup> Behållarens höjd och bredd påverkar den vattenhållande förmågan hos odlingssubstratet. En lång och smal behållare dräneras långsammare än en kort och bred. Dessutom påverkas rotsystemets morfologi av utformningen (se avsnittet ”Rotstyrning”).

### Volym

Plantans tillväxt påverkas av en mängd yttre faktorer. Odlingstätheten har ett stort inflytande på plantans utveckling genom att den påverkar plantans tillgång på ljus. Även behållarvolymen har betydelse för plantans tillväxt genom att den påverkar rotsystemets utbredning. Odlingstäthet och behållarvolym samspelar genom att tät odling vanligtvis innebär att behållaren har en liten volym. En plantskola som levererar små plantor tillämpar kort, tät odling i små krukor.

Odlingstiden är således den faktor som i många fall avgör valet av behållarvolym. En planta som ska odlas under en längre tid behöver en större volym att växa i för att inte tillväxten ska begränsas. I små behållare reduceras plantans tillväxthastighet.<sup>111</sup> Vid en ökning av behållarens volym kan en lika stor planta produceras under en kortare period som vid odling i mindre behållare under en längre tid. Odlingsbehållarens volym påverkar även egenskaper hos odlingssubstratet som vattenhållande förmåga och näringsinnehåll. Små volymer torkar ut snabbare och binder mindre näring.

### Rotstyrning

När odlingskrukor introducerades uppstod problem med rotdeformationer. Orsaken är att krukorna i många fall saknade rotstyrning. Utan någon typ av rotbeskärning eller rotstyrning i krukan riskerar rötterna att växa horisontellt och kan snurra flera varv. Plantor som planteras med rotdeformationer riskerar instabilitet i fält genom dålig rotsymmetri och hämmad rottillväx både åt sidan och på djupet i marken.<sup>112</sup>

Efterhand har kruksystemen dock förbättrats. Ett första steg var att i slutet av 70-talet förse krukorna med invändiga styrlister för att förhindra rotsnurr. Moderna krukor har idag olika lösningar för att beskära eller hämma sidorötternas utveckling i krukan i syfte att undvika rotsnurr. Detta sker med hjälp av luftspalter (öppningar i behållarväggarna), mekanisk beskärning eller på kemisk väg.<sup>113</sup>

HIKO, Svepot och Blockplanta är exempel på system med styrlister medan bland annat Planta 80, Starpot, Plantek och Airblock har luftspalter

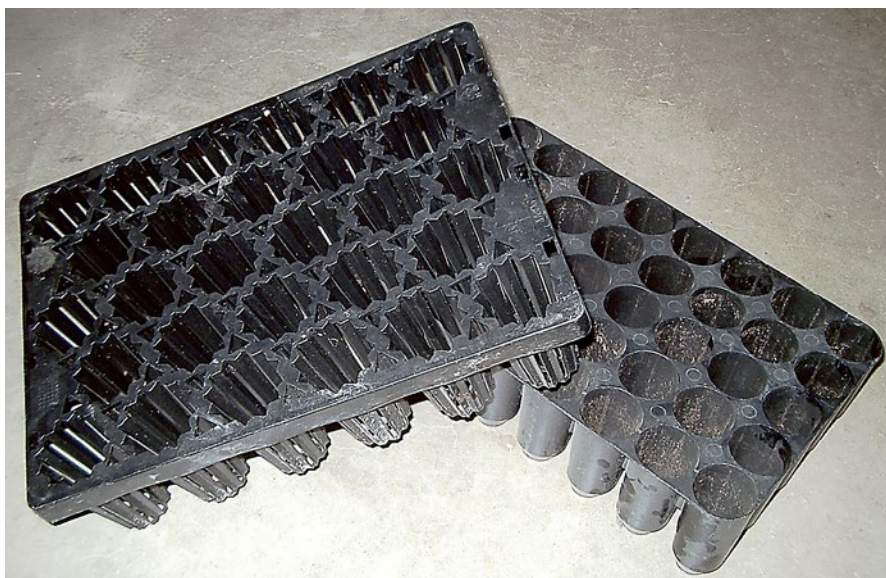
<sup>110</sup> Lindström, A. 1987. Winter storage and root hardiness of containerized conifer seedlings. SLU, inst. för skogsproduktion. Avhandling.

<sup>111</sup> Hultén, H. 1983. Behållarvolym – biologisk betydelse. SLU, avd. för skogsförnyring. PlantNytt nr 1, 1983.

<sup>112</sup> Lindström, A. och Rune, G. 1999. Root deformation in plantations of container-grown Scots pine trees: effects on root growth, tree stability and stem straightness. Plant and Soil 217, s. 29–37.

<sup>113</sup> Lindström, A. 2011. Plantskolan lektion 16: Odlingsbehållare för skogsplantor. PLAN-Taktuellt nr 4, 2011.

(figur FP42). Jackpotsystemet är ett exempel på ett system som kombinerar kemisk beskärning (behållarens insida är målad med kopparfärg) och luftspalt. Planta 80 kombinerar luftbeskärning med mekanisk beskärning i anslutning till plantupptagningen. Rotbeskärningen bidrar till att plantan får ett mer naturligt orienterat rotsystem efter plantering och uppföljningar i fält pekar på att risken för instabilitet och uppkomst av stambaskrökar minskar vid användning av moderna kruktyper.<sup>114</sup>



Figur FP42 Till vänster ett krukset med luftspalter (Starpot) och till höger ett krukset med styrlister (HIKO). Foto Karin Hjelm.

### Luftbeskärning

Vid luftbeskärning dör plantans rötter då de växer ut i den omgivande luften. Luftbeskärning av täckrotsplantans rötter sker normalt kontinuerligt genom att rotspetsarna torkar ut när luften är tillräckligt torr. Det är viktigt att luftfuktigheten kring behållaren inte är för hög. Då riskerar man att rötterna växer in i behållarna intill och man måste beskära rötterna mekaniskt för att få upp plantan ur behållaren.

För att få en effektiv rotbeskärning av luft bör behållarna inte stå för tätt och på ett sätt som gör att ett luftlager bevaras under behållarnas botten, till exempel genom att placera dem upphöjt från mark på ramar eller andra anordningar. Luftbeskärning av plantans rötter sker också vid dräneringshål i odlingsbehållarens botten.

### Mekanisk beskärning

När man beskär täckrotsplantans rötter mekaniskt kan man med fördel göra detta några veckor innan plantupptagningen så att nya rotspetsar hinner utvecklas innan plantorna packas. En mekanisk beskärning av rötterna innebär att man minskar rotens vattenupptagande yta vilket kan förstärka den vattenstress som alltid drabbar plantor mer eller mindre efter plantering.<sup>115</sup>

<sup>114</sup> Rune, G. 2003. Slits in container wall improve root structure and stem straightness of out-planted Scots pine seedlings. *Silva Fennica* 37, s. 333–342.

<sup>115</sup> Hallman, E., Hari, P., Räsänen, P.K. och Smolander, H. 1978. Effect of planting shock on the transpiration, photosynthesis and height increment of Scots pine seedlings. *Acta For. Fenn.* 161.

### **Kemisk beskärning**

Kemisk beskärning innebär att sidorötternas längdtillväxt hämmas genom att celldelningsaktiviteten i rotspetsen avtar. Plantan kompenserar detta med att bilda ett nät av finrötter innanför behållarväggen. Den kemiska beskärningen eller hämningen av rottillväxt sker oftast genom att måla insidan av behållarna med kopparfärg (den aktiva komponenten är kopparhydroxid eller kopparkarbonat). Till skillnad mot mekanisk beskärning bibehålls den balans mellan rot- och skotttdel som utvecklats under odlingstiden i plantskolan vilket sannolikt gör plantan mindre utsatt för vattenstress efter plantering. En effektiv luftbeskärning av rötter har samma funktion som kemisk beskärning.

### **Alla plantor kan drabbas av instabilitet**

Rotdeformationer och instabilitet är ett problem som framför allt berör tidigare generationers täckrotsplantor,<sup>116</sup> men det är något som man hela tiden bör vara uppmärksam på även för barrotsplantor och nyare sortiment som hybridplantor. De svåraste stabilitetsproblemen uppstår på kalla och dåligt genomluftade jordar med svag dränering i kombination med plantering av tall eller contortatall.<sup>117</sup> Tallen har inte granens förmåga att via adventivrotbildning i fält kompensera för ett ursprungligt deformerat rotsystem.

### **Rotbeskärning**

Omskolning och rotbeskärning av barrotsplantor bidrar till att plantorna får ett mer koncentrerat och förgrenat rotsystem. Därmed minskar risken för att plantornas rötter skadas vid upptagningen. Rotbeskärningen gör också att barrotsplantan blir lättare att plantera och risken för att orsaka rotdeformationer vid planteringsarbetet minskar också.

Barrotsplantans rotsystem beskärs med hjälp av knivar framför allt underifrån, men det förekommer att rötterna också beskärs i sidled, så kallad box-pruning. Beskärningen bör utföras vid rätt tidpunkt så att rötterna hinner återhämta sig innan plantupptagning och utplantering eller lagring. En hög rottillväxt vid beskärningstillfället innebär en snabbare återhämtning, varför rotbeskärning bör göras på våren eller sensommaren när skotttillväxten är låg.

### **Behandling mot snytbagge**

När tillväxtsåsonen är slut eller när plantorna har uppnått önskvärd storlek är det dags för packning och lagring. I samband med detta kan plantorna behandlas med någon form av snytbaggesskydd. När det gäller täckrotsplantor domineras skyddsbehandlingen historiskt av insekticider som idag ersatts av beläggningsskydd och andra metoder.<sup>118</sup> Beläggningsskydden appliceras genom att sprutas på plantornas stam eller genom doppning. Appliceringen är ofta automatiserad och integrerad i packlinjen.

<sup>116</sup> Lindström, A. 1998. Rotdeformationer och deras konsekvenser för täckrotsplantors etablering och framtida kvalitetsutveckling. I: Rotutveckling och stabilitet. Skogforsk Redogörelse nr 7–1998, s. 53–62.

<sup>117</sup> Lindström, A. och Rune, G. 1999. Root deformation in plantations of container-grown Scots pine trees: effects on root growth, tree stability and stem straightness. *Plant and Soil* 217, s. 29–37.

<sup>118</sup> Se: [www.snytbagge.se](http://www.snytbagge.se)



Det är viktigt att skyddet täcker de nedre delarna av plantornas stam ända ner till rotklumpen. Skyddsbeläggningen måste också vara följsam så att den expanderar utan att gå sönder och följer plantans tillväxt de första åren efter plantering.

Utvecklingen av beläggningsskydd har gått snabbt den senaste tiden och de beläggningsskydd som idag finns på marknaden har en lika effektiv verkan som insekticider och kostnaden per planta är ungefär densamma. Detta har lett till att användningen av insekticider håller på att fasas ut.

Barrotsplantor och hybridplantor kan också behandlas med insekticider eller beläggningsskydd innan lagring eller plantering. För dessa planttyper finns det även speciellt utvecklade barriärskydd som appliceras på plantorna antingen i plantskolan eller vid planteringstillfället. Eftersom odlingen av barrotsplantor inte är lika mekaniserad som odlingen av täckrotsplantor, har appliceringen av snytbaggesskydd varit en flaskhals när det gäller utvecklingen av nya skydd, men nya metoder för applicering av beläggningsskydd är på gång.

I Skogsskötselseriens kapitel ”Skador på skog” går att läsa mer om snytbaggesskador och hur skaderisken kan minskas med hjälp av olika skötselmetoder.

## Lagring

Att klara lagringen utan att plantorna får nedsatt kondition är en av de svåraste uppgifterna i en plantskola. Lagring kan ske antingen i kyl, frys eller på friland. För att plantorna inte ska ta skada under lagringen krävs god kontroll över lagringsmiljön, kunskap om plantornas invintringsprocesser och att man har tillgång till metoder som med stor säkerhet fastställer plantors lagringsbarhet.<sup>119</sup>

När det gäller lagring av täckrots- och barrotsplantor ligger den stora skillnaden mellan planttyperna i hanteringssystemen vid upptagning på frilandet på hösten och på förpackningssystemen. Lagringssätten, kyl eller frys, samt planttester för att fastställa lagringsbarhet skiljer sig inte mellan planttyperna. I vissa fall lagras båda planttyperna på friland över vintern och då utsätts täckrotsplantorna för betydligt större risker än barrotsplantorna att drabbas av övervintringsskador. Detta i huvudsak beroende på att täckrotsplantornas rötter kan exponeras för låga rottemperaturer när de står på ramar ovan mark på vintern. Vid upptagning av täckrotsplantor på hösten placeras plantorna vanligtvis i täta wellpappkartonger som sedan placeras i fryslager. Kyllagring förekommer också, men då sker lagringen vanligtvis i öppna ställ vid hög luftfuktighet.

Barrotsplantorna lyfts ur odlingsbädden när de är klara för lagringen. Innan plantorna lyfts luckras jorden kring rötterna för att undvika rotskador. Plantorna buntas sedan och läggs i plantsäckar (papperspåsar med plastad insida) som försluts och transporteras till lagret.

För lyckad lagring av båda planttyperna gäller att plantorna skall vara lagringsbara, förpackade på lämpligt sätt och lagrade vid en lämplig temperatur och luftfuktighet så att respirationsförluster, uttorkning och svampangrepp undviks.<sup>120,121</sup>

<sup>119</sup> Lindström, A. och Stattin, E. 2007. Plantskolan lektion 4: lagring av plantor i plantskolan. Skogforsk, PLANTaktuellt nr 4, 2007.

<sup>120</sup> Sandvik, M. 1965. Fra planteseng till plantegrop. Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift..

<sup>121</sup> Venn, K. 1983. Frost and fungal injuries to Norway spruce seedlings overwintered in forest nurseries. Norwegian Forest Research Institute, Ås. Ph.D. Thesis.

## Lagringsmiljöer

Vid valet av lagringsmiljö är det flera aspekter som bör vägas in. Det finns stora fördelar med att välja lagring i artificiella miljöer. Planteringsfärdiga plantor, som inte är i skottskjutningsfas, i lämpliga förpackningar innebär stora praktiska fördelar vid planteringsarbetet och innebär också att man kan förlänga planteringssäsongen. Dock bör man undvika att plantera kyl- och fryslagrade plantor efter midsommar.<sup>122</sup> Ytterligare fördelar med kyl- och fryslagring är att plantorna flyttats från frilandet, en miljö där oväntade klimatpåfrestningar eller angrepp av skadegörare kan orsaka stora skador.

Nackdelen med paketerade plantor i lager är dock att man måste ha full kontroll på plantornas invintringsstatus och övrig fysiologisk status vid inlagringen. Dessutom måste förpackningarna och lagringsmiljön klara att hålla avsett klimat. För tidig insättning av plantor i lager på hösten medför ofelbart allvarliga kvalitetsnedsättningar eller i värsta fall kassation av hela partier.

En indikation på att plantorna inte varit lagringsbara vid insättningen är angrepp av gråmögel. Det är ovanligt att väl invintrade och friska plantor angrips av denna svamp i lager. Eftersom kartonger och inplastning försvårar inspektion, upptäcks sådana fel oftast för sent och plantorna hinner planteras innan skadorna upptäcks såvida man inte tagit ut provplantor och testat dessa.

## Kyllagring

Kyllagring innebär att plantmaterialet efter upptagning på hösten lagras vid en temperatur strax över 0 °C, vanligtvis brukar temperaturen i ett kylager ligga runt +2 °C. Temperatur och luftfuktighet under lagring påverkar plantans respiration, transpiration och uttorkning, vilket i sin tur bestämmer plantans kolhydratreserv och vatteninnehåll. Ju högre temperatur, desto större blir plantornas respiration och viktförlust. Viktförluster som överstiger 10 % kan ge försämrad plantetablering, och vid stora viktförluster riskerar plantorna att dö. Respirationen vid lagring kan minskas genom att sänka temperaturen.

Vattenbrist hos en planta i lager beror i huvudsak på avdunstning och är luften i plantornas omgivning torr drabbas de av uttorkning. En annan faktor som kan orsaka vattenbrist hos plantan är transpiration, men är temperaturen låg har väl invintrade plantor en mycket låg transpiration. Man kan förhindra uttorkning av plantor genom att antingen hålla en tillräckligt hög luftfuktighet i lagret eller genom att plantorna förpackas helt tätt. Skall plantorna lagras i öppna förpackningar måste luftfuktigheten vara minst 95 %. Det finns speciella våtkylar som klarar detta.

## Fryslagring

Fryslagring innebär att man lagrar plantorna vid minusgrader. Lagring sker vanligtvis inom temperaturintervallet – 3 °C till – 5 °C. I frys uppstår problem att hålla en tillräckligt hög relativ fuktighet eftersom det fria vattnet fryser. Det är därför nödvändigt att placera plantorna i diffusionstäta förpackningar. Läckande förpackningar kan resultera i frystorka. Skadan kan vara

<sup>122</sup> Ericsson, A., Lindgren, A. och Mattsson, A. 1983. Effects of cold-storage and planting date on subsequent growth, starch and nitrogen content in Scots pine and Norway spruce seedlings. *Studia Forestalia Suecia* 165.

svår att upptäcka eftersom den visar sig först någon eller några veckor efter upptining. Ofta drabbas de övre delarna av skotten med barrförluster och död terminalknopp.

### Frilandslagring

Frilandslagring innebär att plantorna lagras utomhus under naturliga förhållanden, vilket betyder att man har små möjligheter att påverka lagringsklimatet. Skador inträffar ofta vid hastiga väderomslag från mildt väder till sträng kyla. Detta kan ge mycket svåra skador hos plantor som ännu ej hunnit bygga upp en tillräckligt hög frystolerans på hösten eller hos plantor som börjat förbereda sig för tillväxtstart på våren. En fördel med utomhuslagring är att fotosyntesen kan starta tidigt på våren så att kolhydratreserven byggs upp innan utplantering. Detta medför att skottskjutningen kan ske tidigare.

Ett stort problem vid frilandslagring av täckrotsplantor är plantrötternas begränsade frystolerans som är betydligt sämre än skottdelarnas under vintern. Rottillväxten stannar heller inte upp på samma sätt som skottillväxten under vila. Frilandslagrade täckrotsplantor som står med rötterna ovan mark på upphöjda ramar, löper stor risk att drabbas av skadligt låga rottemperaturer. Därför bör plantor på friland helst stå med markkontakt över vintern. Alternativt kan de upphöjda ramarna kantisoleras och täckas med konstsnö (figur FP43). Detta är en relativt vanligt förekommande åtgärd i svenska plantskolor.<sup>123</sup> Eftersom barrotsplantor står med rötterna skyddade nere i marken är sannolikheten liten att denna planttyp drabbas av frysskador på rötterna.

Förutom rotskador är skador efter upprepad frysning och tining av plantornas ovanjordsdelar ett riskmoment vid frilandslagring. Dessa temperaturväxlingar är vanliga under högtrycksdominerade vårvintrar och kan ge upphov till vävnadsskador på skotten. Det är således inte brist på vatten som orsakar barrskador under dessa vinterförhållanden. Så kallad vårvintertorka uppkommer först om plantorna börjat växa och marken fortfarande är frusen. Ett sätt att skydda plantornas ovanjordsdelar på vårvintern är att täcka med odlingsväv.



Figur FP43 Plantor täckta med snö. Foto Stefan Andersson.

<sup>123</sup> Lindström, A. 1987. Winter storage and root hardiness of containerized conifer seedlings. SLU, inst. för skogsproduktion. Avhandling.

## Lagring på hygget

Innan plantering måste plantorna ibland lagras ute på hygget eller vid en plantterminal. Ju högre temperatur plantan lagras vid, desto högre blir respirationen och de lagrade kolhydraterna konsumeras, vilket försämrar tillväxt och överlevnad i fält. Temperatur, luftfuktighet och instrålning på hygget kan orsaka skador som inte syns förrän flera veckor efter planteringen. En snabb plantering utan mellanlagring är därför eftersträvansvärd.

## Härdning

För att plantorna ska kunna lagras utan att ta skada krävs att de är väl invintrade och tål att utsättas för låga temperaturer.<sup>124,125,126</sup> För att uppnå full frystolerans måste plantan utsättas för både längre nätter och låga temperaturer.

Rottillväxt förekommer så snart marktemperaturen går över 5 °C. Härdning hos rötterna startar dock på hösten redan vid något högre temperaturer, men härdningen är effektivast när temperaturen ligger runt nollstrecket. Varma höstar kan i värsta fall göra att plantor som är till synes färdiga för fryslagring fortfarande har relativt frostkänsliga rötter. Vid sådana tillfällen är det lämpligt att slussa plantorna via kylbehandling under minst 2–3 veckor in i fryslager.<sup>127</sup> Detta ger rötterna en möjlighet att härda så att de klarar minusgraderna i frysen. Toleransen mot kyla hos rötterna tilltar sedan i kyl- och fryslager och rötterna når maximal härdighet mitt i vintern. Under våren avtar sedan rötternas frystolerans.

## Odlingsregimen

Odlingsregimen vid uppdragning av tall- och granplantor har betydelse för plantornas utveckling av frystolerans. Låter man tall- eller granplantor växa i det andra trädslagets optimala förhållanden försenas invintringen.

## Såddtidpunkt

Tidpunkten för sådd kan vara avgörande för om plantorna hinner invintra på hösten. Sent sådda tall- och granplantor löper större risk för höstfrostskaador än tidigt sådda.<sup>128</sup> Det kan bero på att de sent sådda plantorna inte hunnit härda tillräckligt mycket. Säker inlagringstidpunkt mellan sent och tidigt sådda plantor kan skilja så mycket som en månad.

## Temperatur

Temperaturförhållandena under odling och de första stadierna av invintring är speciellt viktiga för tall som kräver växlande temperaturer mellan dag och natt för god utveckling av frystolerans. Granens härdning gynnas av att odlas under optimala betingelser med jämn temperatur runt 20 °C och sedan under slutet av odlingen utsättas för låga nattetemperaturer.

<sup>124</sup> Dormling, I. och Lundkvist, K. 1983. Vad bestämmer skogsplantors tillväxt och härdighet i plantskolan? SLU, Skogsfakta nr 8.

<sup>125</sup> Lindström, A. och Stattin, E. 2007. Plantskolan lektion 4: Lagring av plantor i plantskolan. Skogforsk, PLANTaktuellt nr 4, 2007.

<sup>126</sup> Stattin, E. 1999. Root freezing tolerance and storability of Scots pine and Norway spruce seedlings. SLU, Acta Universitatis agriculturae Sueciae nr 105.

<sup>127</sup> Stattin, E. och Lindström, A. 2000. Storability and root freezing tolerance of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings. Can. J. For. Res. 30, s. 964–970.

<sup>128</sup> Håkansson, L., Lindström, A. och Stattin, E. 1990. Såddtidpunktens inverkan på tall- och granplantors frosttolerans i skott och rotzon. SLU, inst. för skogsproduktion. Stencil 58, 28 s.

Temperaturförhållandena är mycket viktiga för rötternas härdning. Detta innebär att sent sådda partier bör flyttas ut på friland i god tid så att rötterna exponeras för låga nattetemperaturer. Alternativt ser man till att i god tid sänka temperaturen i växthusen.

### Näring

I början av invintringen behöver plantorna näring för att utveckla knoppen och bygga upp frystoleransen. Gödslingen bör därför fortsätta fram tills det att plantans tillväxt upphört. Detta inträffar någon gång under september månad beroende på var i landet man befinner sig.

### Långnattsbehandling

Långnattsbehandling kan påskynda invintringen på hösten och göra gran- och tallplantor mindre frostkänsliga. Detta förbättrar möjligheterna att lyckas med höstplantering<sup>129</sup> och möjliggör en tidigare inlagring än normalt.<sup>130</sup> Den kritiska nattlängden för den lokala proveniensen, det vill säga den nattlängd som behövs för att 50 % av plantorna ska sätta knopp, är den nattlängd man har på orten vid slutet av juli månad. För nordligt granmaterial (Luleå) betyder detta att den kritiska nattlängden är ungefär 5 timmar och för sydligt material (Lund) ca 8 timmar. Det tar sedan ca 4 veckor för vilknoppen att färdigutvecklas.

En vanlig rutin i plantskolor är att starta långnattsbehandlingen i mitten av juli och då utsätta plantorna för en nattlängd som är 12–16 timmar under 4 veckor. För att lyckas med sin långnattsbehandling är det viktigt att mörkläggningsen är fullständig. Detta är särskilt viktigt för sydliga provenienser. Riktigt sydliga granprovenienser växer vidare vid så låga ljusnivåer som 25 lux. Revor i långnattsduken kan således medföra att behandlingen misslyckas. Det är också viktigt att inte upphöra med långnattsbehandlingen för tidigt, då riskerar plantorna att skjuta om senare på hösten.<sup>131</sup>

Knoppmognad och förvedning påskyndas hos gran om plantorna efter avslutad långnattsbehandling i växthus ges värme, 20 °C, under ytterligare en vecka. För tall däremot är det viktigt att flytta ut plantorna på friland så att de inte börjar växa på nytt.<sup>132</sup> Långnattsbehandling av tall och gran förbättrar inte frystoleransen hos rötter.

### Metoder att bedöma lagringsbarhet

En förutsättning för att lyckas med lagring av plantor är att man har testmetoder som ger säkra indikationer på om plantorna är lagringsbara eller inte.<sup>133</sup>

<sup>129</sup> Luoranen, J. och Rikala, R. 2015. Post-planting effects of early-season short-day treatment and summer planting on Norway spruce seedlings. *Silva Fennica* vol. 49 no. 1. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1300>, 9 s.

<sup>130</sup> Rosvall-Åhnebrink, G. 1985. Invintring av plantor för höstplantering eller vinterlagring. SLU, Skogsfakta Konferens nr 7, s. 33–37.

<sup>131</sup> Fløistad, I.S. och Granhus, A. 2013. Timing and duration of short-day treatment influence morphology and second bud flush in *Picea abies* seedlings. *Silva Fennica* 47(3), article 1009. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1009>.

<sup>132</sup> Rosvall-Åhnebrink, G. 1990. Bättre plantkvalitet genom styrning av fotoperiod och temperatur. SLU, Skogsfakta konferens nr 14, s. 27–34.

<sup>133</sup> Lindström, A. och Stattin, E. 2007. Plantskolan lektion 3: Att testa lagringsbarhet och vitalitet efter lagring. Skogforsk, PLANTaktuellt nr 3, 2007.

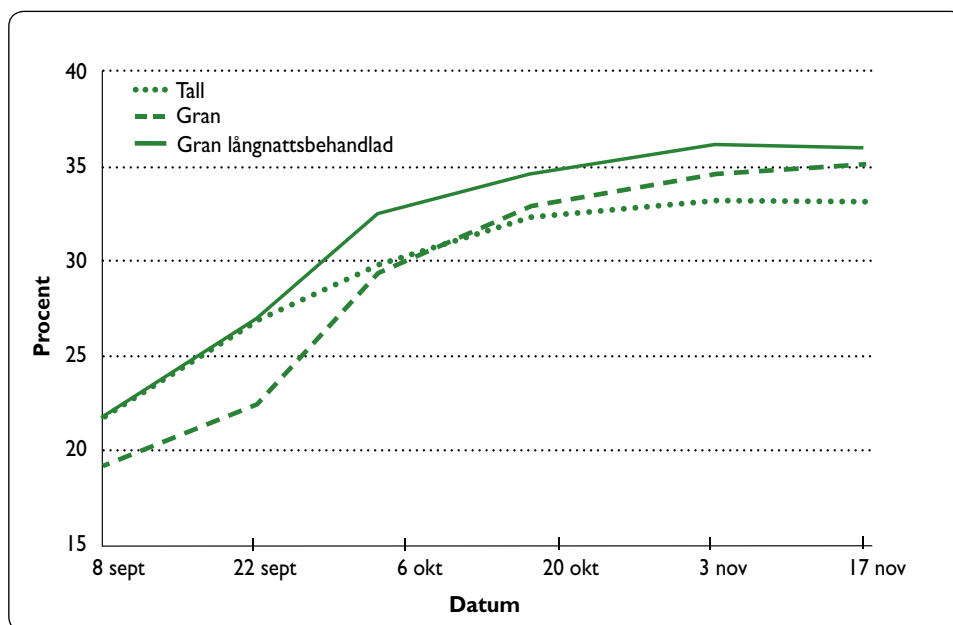
Det finns ett flertal metoder för att bestämma detta. Metoderna skiljer sig beträffande snabbhet och grad av säkerhet. De metoder som prövats och använts praktiskt är knoppbryningstester, mätning av torrsubstanshalt, bestämning av frystolerans och gentester. För samtliga metoder är det viktigt att tillräckligt många plantor som är representativa för odlingen tas ut till analys.

### Knoppbryningstester

Vid knoppbryningstester registreras den tid som det åtgår för knopparna att bryta under gynnsamma odlingsbetingelser. Om denna tid är kort indikerar det att plantan genomgått de utvecklingsstadier som gör den frystålig och lagringsbar.<sup>134</sup> Metoden är tidskrävande och innebär att plantorna planteras i ett odlingstest och resultaten erhålls först efter 3–4 veckor. Det är därför en metod som inte lämpar sig för praktisk plantskoledrift.

### Torrsubstanshalt

Mätningar av torrsubstanshalt (TS-halt) görs i allmänhet på skottets översta 2 cm. Friskvikten bestäms och därefter torkas skottet, varefter torr vikten fastställs. Torr viktens andel av friskvikten är TS-halten. Detta värde ger en vägledning om plantorna är lagringsbara eller ej. Härdade plantor har en högre TS-halt (figur FP 44) och klarar lagring bättre. Inom ett dygn har man ett provsvar och metoden är snabb och enkel.



Figur FP44 Torrsubstanshalt (procent) i skottets översta 2 cm hos 1-åriga plantor under perioden september till november. Källa: Lindström & Håkansson (1995).<sup>135</sup>

<sup>134</sup> Colombo, S.J. 1990. Bud dormancy status, frost hardiness, shoot moisture content, and readiness of black spruce container seedlings for frozen storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115.

<sup>135</sup> Lindström, A. och Håkansson, L. 1995. EC-metoden – ett sätt att bestämma skogsplantors lagringsbarhet. SLU, inst. för skogsproduktion. Stencil nr 95, 30 s.

Värdet av TS-halt för lagringsbara plantor varierar med trädslag, ålder, invintringsförhållanden och plantskolans belägenhet i förhållande till plantmaterialets ursprung. Detta gör att användning av TS-halt som ett mått på lagringsbarhet måste ske mot bakgrund av ovanstående variabler. Till exempel uppnås lagringsbarhet först vid en högre TS-halt för långnattsbehandlade jämfört med naturligt invintrade plantor. Dessutom kan små skillnader i TS-halt ge stora skillnader i lagringsresultat.

För att kunna användas som ett stöd för beslut om lagringstidpunkt bör mätningar göras kontinuerligt under hösten. Beroende på plantmaterialets historik bör värdet för tall ligga runt 33–36 % och för gran runt 35–38 %. När TS-haltkurvan planat ut kring dessa värden ökar sannolikheten för en säker lagring (figur FP44).

### Bestämning av frystolerans

Gran- och tallplantor är vanligtvis lagringsbara när skotten klarar frysning till  $-25\text{ °C}$  under ett par timmar utan att uppvisa nämnvärda skador. Frysningsningen måste ske kontrollerat med en relativt långsam temperatursänkning om max  $5\text{ °C}$  per timme. Även tiningsförloppet bör ske kontrollerat. Därefter kan eventuella skador på plantorna utvärderas.<sup>136</sup>

Utvärderingen efter frysning kan ske genom odlingstest eller kontroll av vävnadsskador genom mätning av jonläckage.

Den sistnämnda metoden som är den snabbaste är också den vanligast förekommande. Metoden som helhet är dock relativt tidskrävande. Även vid utvärdering med jonläckage tar det upp till 3–4 dagar att få ett provsvar. Metoden är idag rätt vanlig och några plantskolor gör analyserna själva eller så skickas plantorna till laboratorier för analys. Dessa transporter är i sig ett osäkerhetsmoment och är dessutom tidskrävande. Bestämning av frystolerans är dock säkrare än knoppbrytningstest och TS-halt<sup>137</sup> för att mäta lagringsbarhet och är inte beroende av plantpartiets historik.

### Genaktivitet

Ett test, ColdNSure, där man studerar aktiviteten hos vissa utvalda gener är framtaget för gran, tall och bok.<sup>138</sup> Sådana gener som har hög aktivitet under tillväxtfasen jämförs med sådana gener som är högaktiva under uppbyggnaden av frystolerans. Testet går till så att knopp- eller barrprov tas från plantors toppskott. Provmaterialet finfördelas i en vätska och en droppe av vätskan appliceras på ett provtagningskort som skickas till laboratorium för analys.

<sup>136</sup> Lindström, A. och Håkansson, L. 1995. EC-metoden – ett sätt att bestämma skogsplantors lagringsbarhet. SLU, inst. för skogsproduktion. Stencil nr 95, 30 s.

<sup>137</sup> Lindström, A., Stattin, E., Gräns, D. och Wallin, E. 2014. Storability measures of Norway spruce and Scots pine seedlings and assessment of post-storage vitality by measuring shoot electrolyte leakage, *Scand. J. For. Res.* 29, s. 717–724

<sup>138</sup> Joosen, R.V.L., Lammers, M., Balk, P., Brønnum, P., Konings, M.C.J.M., Perks, M., Stattin, E., van Wordragen, M.F. och Geest, L.H.M. 2006. Correlating gene expression programs to physiological parameters and environmental conditions during cold acclimation of pine (*Pinus sylvestris*). *Tree Physiology* 26, s. 1297–1313.

Provsvar lämnas inom 1–2 dygn. Bedömning av frystoleransen sker i 3 klasser:

- 1 = ej lagringsbar, ej utvecklat någon frystolerans
- 2 = ej lagringsbar, utveckling av frystolerans pågår
- 3 = lagringsbar, klarar frysning ner till – 25 °C

I jämförande studier har bestämning av lagringsbarhet med hjälp av gentester gett lika god säkerhet som frysning till – 25 °C.<sup>139</sup> Idag utnyttjas ColdNSure-testet av flera plantskolor.

### **Vitalitetstest efter lagring**

Även om man är noggrann och bestämmer lagringsbarheten inför lagring är det viktigt att kontrollera plantornas status efter lagringen. Lagringstesterna är alla behäftade med en viss felmarginal och detta kan drabba enskilda plantpartier. Plantorna kan dessutom ha drabbats av oupptäckta skador innan de sattes in i lagret, till exempel svampangrepp såsom tallskytte eller rotskador orsakade av låga rottemperaturer. För att inte i onödan leverera och plantera undermåligt plantmaterial bör man genomföra någon sorts vitalitetstest efter lagring.<sup>140,141,142</sup>

### **RGC-test**

RGC-testet (Root Growth Capacity) är den vanligaste metoden för att kontrollera plantvitalitet.<sup>143</sup> Under tidig vår plockas ett stickprov av lagrade plantor ut för att odlas i ett sandblandat substrat i så kallade RGC-bord där man noggrant kan kontrollera odlingsförhållanden. Efter cirka tre veckor bedöms plantornas status genom att mäta rottillväxten och ibland även skotttillväxten. Om man inte har tillgång till en RGC-utrustning kan man utnyttja växthusen och göra odlingstester där. Då brukar man provodla plantorna i 20 °C under tilläggslysjus i ca 5 veckor. Eftersom odlingstester är tidskrävande vore det fördelaktigt att kunna utnyttja ”snabbtest” av jonläckagemätningar för att kunna sortera fram partier som bör provodlas innan leverans (se nedan).

### **Morfologiska studier**

Skott/rot-kvoten används ibland som ett mått på plantans kvalitet. Plantan bör inte ha ett för stort skott i förhållande till rotsystemet, för då klarar roten inte av att försörja plantan när den planterats ut i fält. Skott/rot-kvoten kan

<sup>139</sup> Stattin, E., Verhoef, N., Balk, P., van Wordragen, M. och Lindström, A. 2012. Development of a molecular test to determine the vitality status of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings during frozen storage. *New Forests* 43, s. 665 – 678.

<sup>140</sup> Lindström, A. och Stattin, E. 2007. Plantskolan lektion 3: Att testa lagringsbarhet och vitalitet efter lagring. Skogforsk, PLANTaktuellt nr 3, 2007.

<sup>141</sup> Se: PLANTaktuellt nr 1, 2006, Skogforsk: Skaffa ett friskhetsintyg.

<sup>142</sup> Mattsson, A. 1986. Seasonal variation in root growth capacity during cultivation of container grown *Pinus sylvestris* seedlings. *Scand. J. For. Res.* 1, s. 473–482.

<sup>143</sup> Mattsson, A. 1986. Seasonal variation in root growth capacity during cultivation of container grown *Pinus sylvestris* seedlings. *Scand. J. For. Res.* 1, s. 473–482.



påverkas i plantskolan bland annat genom att variera gödslingsprogrammet. Kortare gödslingsuppehåll och minskad tillförsel av kväve ökar andelen rotbiomassa.<sup>144</sup> Vidare kan plantornas höjd, diameter och torrvtikt mätas för att kontrollera att plantorna inte är överodlade.

## Övriga tester

Näringsanalyser ger ett mått på plantans kvävestatus. Plantor med en låg kvävehalt klarar sig sämre ute på hygget.<sup>145</sup> Nyligen har studier visat att förrådgödsling i plantskolan kan ge positiva effekter på plantors etablering och tillväxt i fält.<sup>146</sup> Plantornas vitalitet kan även bestämmas med hjälp av andra metoder där man mäter vävnadsskador på skott och rötter, till exempel TTC (trifenyltetrazodiumklorid) och EC (elektrolytisk konduktans).

TTC visar på enzymaktiviteten i vävnader och används till exempel för att kvantifiera barr- eller rotskador<sup>147</sup> på plantan efter fryslagring. Utvärdering av skador eller plantstatus kan också göras genom att mäta jonläckaget eller elektrolytisk konduktans (EC). Vid skador som uppstått av frysning eller lagring påverkas cellmembranen så att joner från vävnaden läcker ut och ökar den elektrolytiska konduktansen eller ledningsförmågan i en lösning. Ledningsförmågan mäts sedan med en konduktivitetmätare och de värden man får indikerar om plantan är skadad eller oskadad. Metoden ger en god uppskattning av frysskador<sup>148</sup> och kan även ge ett mått på förändringar av rotvitaliteten under lagring.<sup>149</sup>

Kontroll av plantvitalitet under långtidslagring med hjälp av jonläckagemätningar på plantors skott har gett lovande resultat. Metoden som är snabb och enkel att genomföra möjliggör tidig upptäckt av skadade plantpartier.<sup>150</sup> Forskning pågår också för att utveckla gentest för vitalitetsbestämning.<sup>151</sup>

<sup>144</sup> Ackzell, L. 1986. Tillväxtreglering genom näringsstyrning. SLU, avd. för skogsförnyring. PlantNytt nr 3, 1986.

<sup>145</sup> Troeng, E. 1988. Växtnäringsstyrda plantor II. Tillväxt i fält. SLU, inst. för skogsproduktion, Stencil nr 45.

<sup>146</sup> Jonsdottir, R. J., Sigurdsson, B.D. och Lindström, A. 2013. Effects of nutrient loading and fertilisation at planting on growth and nutrient status of Lutz spruce (*Picea x lutzii*) seedlings during the first growing season in Iceland. *Scand. J. For. Res.* DOI: 10.1080/02827581.2013.824503.

<sup>147</sup> Lindström, A. och Nyström, C. 1987. Seasonal variation in root hardiness of container-grown Scots pine, Norway spruce and lodgepole pine seedlings. *Can. J. For. Res.* 17, s. 787–793.

<sup>148</sup> Aronsson, A. och Eliasson, L. 1970. Frost hardiness in Scots pine. I: Conditions for test on hardy plant tissue and for evaluation of injuries by conductivity measurements. *Studia Forestalia Suecia* 77.

<sup>149</sup> McKay, H.M. 1994. Frost hardiness and cold storage of the root system of *Picea sitchensis*, *Pseudotsuga menziesii*, *Larix kaempferi* and *Pinus sylvestris* bare-root seedlings. *Scand. J. For. Res.* 9, s. 203–213.

<sup>150</sup> Lindström, A., Stattin, E., Gräns, D. och Wallin, E. 2014. Storability measures of Norway spruce and Scots pine seedlings and assessment of post-storage vitality by measuring shoot electrolyte leakage. *Scand. J. For. Res.* DOI: 10.1080/02827581.2014.977340.

<sup>151</sup> Stattin, E., Verhoef, N., Balk, P., van Wordragen, M. och Lindström, A. 2012. Development of a molecular test to determine the vitality status of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings during frozen storage. *New Forests* 43, s. 665 – 678.

## Etablering i fält

Allt plantmaterial trivs inte i samma miljö och det är därför viktigt att välja rätt planta till rätt ståndort. Viktigast är naturligtvis att plantan har lämpliga genetiska egenskaper för ståndorten, det vill säga är av lämplig proveniens. Dessutom är det viktigt att välja lämpligt trädslag och här är det framför allt markfaktorer och klimatet som avgör valet.

Odlingssubstrat, gödslingsregimer och andra odlingsbetingelser har också visat sig påverka plantornas tillväxt- och etableringsförmåga i fält. Faktorer som planthantering, markberedningsmetod och planteringstidpunkt påverkar valet av planttyp, liksom problem med torka, uppfrysning, snytbagge, vilt, frost och vegetation som kan uppkomma efter plantering.

## Planthantering

Planthanteringen är av stor betydelse för plantans etableringsförmåga. Stress orsakad av felaktig hantering och lagring kan leda till reducerad överlevnad och tillväxt hos planterade plantor. En exponering av plantans rotsystem, som ofta sker innan plantering ute på hygget, kan leda till en minskad vattenpotential i plantan. En planta i vilande tillstånd är mindre känslig för rotexponering, men ju närmare knoppbristning man kommer, desto känsligare blir plantan.

Om plantorna är i växt är de extra känsliga för stress och ska hanteras extra varsamt. Vid felaktig hantering och lagring reduceras etableringsförmågan avsevärt och det optimala är att plantera plantorna så fort de anlät från plantskolan. Det är viktigt att plantorna vattnas noga och inte utsätts för torka veckorna innan plantering.

Barrotsplantor bör inte planteras på sommaren och speciellt inte om de skjutit skott eftersom de då är extra torkkänsliga. Höstplantering av barrotsplantor kan ske först efter det att plantornas skott har förvedats och vid höstplantering av täckrotsplantor måste man ta hänsyn till uppfrysningsrisken.<sup>152</sup>

## Rotsystemets betydelse

Problemen med rotdeformationer på planterade plantor är inte nya. Risker med barrotsplantering finns beskriven redan på 1800-talet och som Lindberg<sup>153</sup> skrev redan 1920 så är omskolningen och planteringstekniken ofta orsaken till dålig plantutveckling. Hopklämda rötter i planteringsgropen kan ge upphov till rotdeformationer och på sikt stamkrökar med nedsatt kvalitet som följd.

Planttypen kan ha ett stort inflytande på rottillväxten efter plantering. Rotdeformationer i form av snurrande sammantryckta rötter, ofta i kombination med Z-formade rötter och rotknän, kan orsaka svåra problem vid etableringen av täckrotsplantor.<sup>154</sup> Moderna kruktyper reducerar problemen med rotdeformationer genom beskärning och styrning av rötterna. Detta har

<sup>152</sup> Johansson, K., Lindström, A. och Mattsson, A. 2011. Plantskolan lektion 15: Från plantskola till hygge. Skogforsk, PLANTaktuellt nr 1, 2011.

<sup>153</sup> Lindberg, F. 1920. Sådd eller plantering? Om faran för rotdeformationer vid omskolning och barrotsplantering, särskilt spettplantering av barrträdsplantor. Skogen 4, s. 97–114.

<sup>154</sup> Lindström, A. 1998. Rotdeformationer och deras konsekvenser för täckrotsplantors etablering och framtida kvalitetsutveckling. I: Rotutveckling och stabilitet. Skogforsk Redogörelse nr 7–1998, s. 53–62.

minskat problemen med instabilitet och dålig kvalitet i våra täckrotskulturer<sup>155</sup> och sannolikt får vi också en bättre tillväxt i fält när rotsystemen är mer symmetriska och välförgrenade i marken efter plantering.<sup>156,157</sup> Avsaknad av rotdeformationer vid plantering minskar också risken för rotpatogener.

På grund av olikheter i rotsystemens struktur är barrotsplantornas tillväxt främst begränsad av torkstress medan näringstillgången ofta styr täckrotsplantornas tillväxt. Rotklumpen hos täckrotsplantor kan fungera som en källa både för näring och vatten efter utplantering i fält och därigenom påskynda etableringen. Större täckrotsplantor och barrotsplantor har visat sig vara mer utsatta för stress på grund av vattenbrist än mindre plantor, ofta på grund av obalans mellan skott och rot. En stor barrbiomassa i kombination med ett litet kompakt rotsystem ökar risken för torkstress.

<sup>155</sup> Rune, G. 2003. Instability in plantations of container grown Scots pine and consequences on stem form and wood properties. SLU, Acta Universitatis agriculturae Sueciae nr 281.

<sup>156</sup> Halter, M.R., Chanway, C.P. och Harper, G.J. 1993. Growth reduction and root formation of containerized lodgepole pine saplings 11 years after planting. For. Ecol. Manage. 56, s. 131–146.

<sup>157</sup> Lindström, A. och Persson, B. 1996. Tallföryngringens och trädens kvalitet påverkas av odlingskrukans utformning. SLU, avd. för skogsföryngring. PlantNytt nr 4, 1996.

## Litteratur

- Ackzell, L. 1986. Tillväxtreglering genom näringsstyrning. SLU, avd. för skogsförnyring. PlantNytt nr 3, 1986.
- Aldhous, J.R. och Mason, W.L. (redaktörer). 1994. Forest nursery practice. Forestry Commission, Bulletin 111.
- Almqvist, C., Bergsten, U., Bondesson, L. och Eriksson, U. 1998. Predicting germination capacity of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seeds using temperature data from weather stations. *Can. J. For. Res.* 28, s. 1530–1535.
- Almqvist, C., Rosvall, O. och Wennström, U. 2007. Fröplantager – anläggning och skötsel. Skogforsk.Handledning, 97 s.
- Arbetsmiljöverkets författningssamling. 2004. Skogar och arbetsbockar (AFS 2004:3 §10), 22 s.
- Aronsson, A. och Eliasson, L. 1970. Frost hardiness in Scots pine. I: Conditions for test on hardy plant tissue and for evaluation of injuries by conductivity measurements. *Studia Forestalia Suecia* 77.
- Bergsten, U. 1987. Incubation of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* L. (Karst.) seeds at controlled moisture content as an invigouration step in the IDS method. Akademisk avhandling. SLU, inst. för skogsskötsel.
- Bergsten, U. och Simak, M. 1985. Frövitalitet och vitalisering. Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift, nr 1–85, s. 65–74.
- Bewley, J.D. och Black, M. 1994. Seeds – physiology of development and germination. Plenum Press, New York. 445 s.
- Colombo, S.J. 1990. Bud dormancy status, frost hardiness, shoot moisture content, and readiness of black spruce container seedlings for frozen storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115.
- Danell, Ö. 1993. Förädlingsvinster och diversitet. I: Produktion av förädlad frö. Skogforsk, Redogörelse 3–1993, s. 11–16.
- Dormling, I. 1990. Fytotronen under 25 år. SLU, Skogsfakta konferens 14.
- Dormling, I. 1990. Temperatur, ljus och odlingstidens längd påverkar plantors möjligheter att härdas. SLU, Skogsfakta konferens 14.
- Dormling, I. och Lundkvist, K. 1983. Vad bestämmer skogsplantors tillväxt och hårdighet i plantskolan? SLU, Skogsfakta nr 8.
- Dureya, M.L. och Landis, T.D. 1984. Forest nursery manual-production of bareroot seedlings. Kluwer Academic Publisher Group, AH Dordrecht, Nederländerna.
- Eidmann, H.H. och Klingström, A. 1976. Skadegörare i skogen. Centraltryckeriet, Borås. 288 s.
- Ericsson, A., Lindgren, A. och Mattsson, A. 1983. Effects of cold-storage and planting date on subsequent growth, starch and nitrogen content in Scots pine and Norway spruce seedlings. *Studia Forestalia Suecia* 165.
- Eriksson, U. 1993. Blomning och pollinering i fröplantager. I: Produktion av förädlad frö. Skogforsk, Redogörelse 3–1993, s. 20–23.
- Eriksson, U. 1993. Utveckling av nya konventionella plantager. I: Produktion av förädlad frö. Skogforsk, Redogörelse 3–1993, s. 28–32.
- Eriksson, U. och Wilhelmsson, L. 1991. Slutrapport till skogsbrukets forskningsfond för anslag nr 128, ”Styrd pollinering och kontrollerad fröframställning”. Institutet för skogsförbättring, Arbetsrapport nr 243, 27 s.
- Fløistad, I.S. och Granhus, A. 2013. Timing and duration of short-day treatment influence morphology and second bud flush in *Picea abies* seedlings. *Silva Fennica* 47(3), article 1009. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1009>.

- Funda, T., Wennström, U., Almqvist, C., Torimary, T., Andersson Gull, B. och Wang, X.-R. 2015. Low rates of pollen contamination in a Scots pine seed orchard in Sweden: the exception or the norm? *Scand. J. For. Res.* 30(7), s. 573–586.
- García-Gil, M.R., Oliver, F., Kamruzzahan, S. och Waldman, P. 2009. Joint analysis of spatial genetic structure and inbreeding in a managed population of Scots pine. *Heredity* 103, s. 90–96.
- Grossnickle, S.C. 2000. *Ecophysiology of northern spruce species*. NRC Research Press.
- Hadders, G. 1983. Blomningsprognoser i granfröplantager. Institutet för skogsförbättring, Skogsträdsförädling. Information nr 4 1983/84, 4 s.
- Hallman, E., Hari, P., Räsänen, P.K. och Smolander, H. 1978. Effect of planting shock on the transpiration, photosynthesis and height increment of Scots pine seedlings. *Acta For. Fenn.* 161.
- Halter, M.R., Chanway, C.P. och Harper, G.J. 1993. Growth reduction and root formation of containerized lodgepole pine saplings 11 years after planting. *For. Ecol. Manage.* 56, s. 131–146.
- Hartmann, G., Nienhaus, F. och Butin, H. 1989. *Skador och sjukdomar på träd – en diagnosbok*. Bokskogen.
- Hultén, H. 1983. Behållarvolym – biologisk betydelse. SLU, avd. för skogsföryngning. *PlantNytt* nr 1, 1983.
- Håkansson, L., Lindström, A. och Stattin, E. 1990. Sådttidpunktens inverkan på tall- och granplantors frosttolerans i skott och rotzon. SLU, inst. för skogsproduktion. Stencil 58, 28 s.
- Högberg, K.A., Eriksson, U. och Werner, M. 1995. Vegetativ förökning och klon-skogsbruk – med tonvikt på gran. *Skogforsk, Redogörelse nr 2–1995*.
- Ingestad, T. 1959. Mineral nutrition of spruce. *Physiologia Plantarum* 12, s. 568–593.
- ISTA. 2016. *International rules for seed testing*. Utgåva 2016. Zürich, Schweiz.
- Johansson, K. 2005. Tillväxt och överlevnad hos nio olika planttyper av gran. SLU, Granprogrammets web-stencil, serien nr 2.
- Johansson, K. 2008. *Plantskolan lektion 5: Odlingssubstrat*. Skogforsk, PLANTaktuellt nr 1, 2008.
- Johansson, K., Lindström, A. och Mattsson, A. 2011. *Plantskolan lektion 15: Från plantskola till hygge*. Skogforsk, PLANTaktuellt nr 1, 2011.
- Jonsdottir, R. J., Sigurdsson, B.D. och Lindström, A. 2013. Effects of nutrient loading and fertilisation at planting on growth and nutrient status of Lutz spruce (*Picea x lutzii*) seedlings during the first growing season in Iceland. *Scand. J. For. Res.* DOI: 10.1080/02827581.2013.824503.
- Joosen, R.V.L., Lammers, M., Balk, P., Brönnum, P., Konings, M.C.J.M., Perks, M., Stattin, E., van Wordragen, M.F. och Geest, L.H.M. 2006. Correlating gene expression programs to physiological parameters and environmental conditions during cold acclimation of pine (*Pinus sylvestris*). *Tree Physiology* 26, s. 1297–1313.
- Jägbrant, R. 2014. Hur mycket frö sprids från *Pinus contorta*? – Kottproduktion, serotinitet och frökvalitet i relation till beståndsålder i södra Norrland. SLU, inst. för skogens ekologi och skötsel. Examensarbete 2014:12, 33 s.
- Kaitera, J. och Tillman-Sutela, E. 2014. Germination capacity of *Thekopsora areolata* aeciospores and the effect of cone rusts on seeds of *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 29(1), s. 22–26.
- Koski, V. 1970. A study on pollen dispersal as mechanism of gene flow in conifers. *Comm. Int. For. Fenn.* 70:4, 78 s.

- Landis, T.D. 1989. Irrigation and water management. The Container Tree Nursery Manual. Volume 4, Agriculture Handbook 674.
- Landis, T.D. 1989. Mineral nutrients and fertilization, The Container Tree Nursery Manual. Volume 4, Agriculture Handbook 674.
- Landis, T.D. 1990. Containers: types and functions. The Container Tree Nursery Manual. Volume 2, Agriculture Handbook 674.
- Landis, T.D. 1990. Growing media. The Container Tree Nursery Manual. Volume 2, Agriculture Handbook 674.
- Landis, T.D. 1992. Atmospheric environment, The Container Tree Nursery Manual, Volume 3, Agriculture Handbook 674.
- Landis, D., Pinto, J.R. och Dumroese, R.K. 2013. Light emitting diodes (LED) – Application in forest and native plant nurseries. Forest Nursery Notes. USDA, Forest Service, vol. 33:2, s. 5–13.
- Larsson, G. 1987. Torv som odlingssubstrat. SLU, avd. för skogsförnyring. PlantNytt nr 6, 1987.
- Lestander, T. och Bergsten, U. PREVAC – en metod för att avlägsna mekaniskt skadat frö. Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift, nr 1–85, s. 35–42.
- Lestander, T., Rosvall, O. och Andersson, D.G. 1986. Kontroll av fröutbytet vid klängning av tallkott. Institutet för skogsförbättring, Skogsträdsförädling. Information nr 3 1985/76, 5 s.
- Lindberg, F. 1920. Sådd eller plantering? Om faran för rotdeformationer vid omkolning och barrotsplantering, särskilt spettplantering av barrträdsplantor. Skogen 4, s. 97–114.
- Lindgren, D. och Prescher, F. 2004. Optimal clone number for seed orchards with tested clones. *Silva Genetica* 54:2, s. 80–92.
- Lindström, A. 1987. Winter storage and root hardiness of containerized conifer seedlings. SLU, inst. för skogsproduktion. Avhandling.
- Lindström, A. 1996. Hur minimerar vi lagringsskadorna? I: Plantproduktion och skador. Skogforsk, Redogörelse 3–1996, s. 34–44.
- Lindström, A. 1998. Rotdeformationer och deras konsekvenser för täckrotsplantors etablering och framtida kvalitetsutveckling. I: Rotutveckling och stabilitet. Skogforsk Redogörelse nr 7–1998, s. 53–62.
- Lindström, A. 2007. Plantskolan lektion 1: Temperatur och ljus. PLANTaktuellt nr 1, 2007.
- Lindström, A. 2011. Plantskolan lektion 16: Odlingsbehållare för skogsplantor. PLANTaktuellt nr 4, 2011.
- Lindström, A. och Håkansson, L. 1995. EC-metoden – ett sätt att bestämma skogsplantors lagringsbarhet. SLU, inst. för skogsproduktion. Stencil nr 95, 30 s.
- Lindström, A. och Nyström, C. 1987. Seasonal variation in root hardiness of container-grown Scots pine, Norway spruce and lodgepole pine seedlings. *Can. J. For. Res.* 17, s. 787–793.
- Lindström, A. och Persson, B. 1996. Tallförnyringens och trädens kvalitet påverkas av odlingskrukans utformning. SLU, avd. för skogsförnyring. PlantNytt nr 4, 1996.
- Lindström, A. och Rune, G. 1999. Root deformation in plantations of container-grown Scots pine trees: effects on root growth, tree stability and stem straightness. *Plant and Soil* 217, s. 29–37.
- Lindström, A. och Stattin, E. 2007. Plantskolan lektion 3: Att testa lagringsbarhet och vitalitet efter lagring. Skogforsk, PLANTaktuellt nr 3, 2007.
- Lindström, A. och Stattin, E. 2007. Plantskolan lektion 4: Lagring av plantor i plantskolan. Skogforsk, PLANTaktuellt nr 4, 2007.

- Lindström, A., Stattin, E., Gräns, D. och Wallin, E. 2014. Storability measures of Norway spruce and Scots pine seedlings and assessment of post-storage vitality by measuring shoot electrolyte leakage. *Scand. J. For. Res.* 29, s. 717–724.
- Luoranen, J. och Rikala, R. 2015. Post-planting effects of early-season short-day treatment and summer planting on Norway spruce seedlings. *Silva Fennica* vol. 49 no. 1. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1300>, 9 s.
- Mattsson, A. 1986. Seasonal variation in root growth capacity during cultivation of container grown *Pinus sylvestris* seedlings. *Scand. J. For. Res.* 1, s. 473–482.
- Mattsson, A. 1997. Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests* 13, s. 227–252.
- McKay, H.M. 1994. Frost hardiness and cold storage of the root system of *Picea sitchensis*, *Pseudotsuga menziesii*, *Larix kaempferi* and *Pinus sylvestris* bare-root seedlings. *Scand. J. For. Res.* 9, s. 203–213.
- Mo, H., Hannerz, M., von Arnold, S. och Högberg, K.A. 1995. Somatisk embryogenes – en ny metod att föröka barrträd. Skogforsk, Resultat nr 20, 1995.
- Nyström, C. 1983. Odlingssystem rockwool. SLU, avd. för skogsförnyring. *Plant-Nytt* nr 5, 1983.
- Pettersson, M., Kännaste, A., Lindström, A., Hellqvist, C., Stattin, E., Långström, B. och Borg-Karlson, A.-K. 2008. Mini-seedlings of *Picea abies* are less attacked by *Hylobius abietis* than conventional ones: Is plant chemistry the explanation? *Scand. J. For. Res.* 18, s. 299–306.
- PLANTaktuellt nr 1, 2005, Skogforsk: Satsning på somatisk embryogenes.
- PLANTaktuellt nr 1, 2006, Skogforsk: Skaffa ett friskhetsintyg.
- Plantval, web-baserat verktyg för val av skogsodlingsmaterial av tall, gran, björk och contortatall. Tillgängligt via: [www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se).
- Rosenberg, O. 2003. Biologisk bekämpning av skadeinsekter i granfröplantager – fältförsök 2003. Skogforsk. Arbetsrapport 556, 12 s.
- Rosenberg, O. och Weslien, J. 2005. Assessment of cone-damaging insects in a Swedish spruce seed orchard and the efficacy of large-scale application of *Bacillus thuringiensis* variety aizawai x kurstaki against Lepidoptera. *J. For. Ent.* 98(2), s. 402–408.
- Rosvall, O. och Wennström, U. 2008. Förädlingseffekter för simulering med Hugin i SKA08. Skogforsk, Arbetsrapport 665, 37 s.
- Rosvall-Åhnebrink, G. 1985. Invintring av plantor för höstplantering eller vinterlagring. SLU, Skogsfakta Konferens nr 7, s. 33–37.
- Rosvall-Åhnebrink, G. 1990. Bättre plantkvalitet genom styrning av fotoperiod och temperatur. SLU, Skogsfakta konferens nr 14, s. 27–34.
- Rune, G. 2003. Instability in plantations of container grown Scots pine and consequences on stem form and wood properties. SLU, *Acta Universitatis agriculturae Sueciae* nr 281.
- Rune, G. 2003. Slits in container wall improve root structure and stem straightness of out-planted Scots pine seedlings. *Silva Fennica* 37, s. 333–342.
- Rusten, A. och Landmark, L. (redaktörer). 1968. Produksjon av skogplanter. Det Norske Skogselskap.
- Rytter, L. 2007. Plantskolan lektion 2: gödsling av täckrotsplantor. Skogforsk, PLANTaktuellt nr 2, 2007.
- Rytter, L., Ericsson, L. och Rytter, R. 2003. Effects of demand-driven fertilization on nutrient use, root:plant ratio and field performance of *Betula pendula* and *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 18, s. 401–415.
- Sahlén, K. 1992. Anatomical and physiological ripening of *Pinus sylvestris* L. seeds in northern Fennoscandia. SLU, inst. för skogsskötsel. Avhandling, sammanfattning, 18 s.

- Sahlén, K. och Abbing, K. 1995. Effects of artificial environmental conditions on anatomical and physiological ripening of *Pinus sylvestris* L. seeds. *New Forests* 9, s. 205–224.
- Sandvik, M. 1965. Fra planteseng till plantegrop. Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift.
- Sarvas, R. 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris*. *Comm. Inst. For. Fenn.* 53, s. 1–198.
- Simak, M. 1980. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. SLU, inst. för skogsskötsel. Rapport nr 3.
- Simak, M. 1982. Analys av tall- och granfröets tekniska kvalitet och tillämpning av detta. SLU, Konsulentavdelningen/Skogsförnyelse nr 3.
- Skogsstatistik Årsbok 2007–2014. 2007–2014. Skogsstyrelsen.
- Stattin, E. 1999. Root freezing tolerance and storability of Scots pine and Norway spruce seedlings. SLU, *Acta Universitatis agriculturae Sueciae* nr 105.
- Stattin, E. och Lindström, A. 2000. Storability and root freezing tolerance of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings. *Can. J. For. Res.* 30, s. 964–970.
- Stattin, E., Verhoef, N., Balk, P., van Wordragen, M. och Lindström, A. 2012. Development of a molecular test to determine the vitality status of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings during frozen storage. *New Forests* 43, s. 665–678.
- Sundblad, L.-G. och Andersson, B. 1995. No difference in frost hardiness between high and low altitude *Pinus sylvestris* (L.) offspring. *Scand. J. For. Res.* 10, s. 22–26.
- Torimaru, T., Wennström, U., Andersson, B., Almqvist, C. och Wang, X.-R. 2013. Reduction of pollen contamination in Scots pine seed orchard crop by tent isolation. *Scand. J. For. Res.* 28, s. 715–723.
- Troeng, E. 1987. Inverkan av CO<sub>2</sub>, näring och temperatur på knoppbildning hos gran. SLU, avd. för skogsförnyring. *PlantNytt* nr 5, 1987.
- Troeng, E. 1988. Växtnäringsstyrda plantor II. Tillväxt i fält. SLU, inst. för skogsproduktion, Stencil nr 45.
- Venn, K. 1983. Frost and fungal injuries to Norway spruce seedlings overwintered in forest nurseries. Norwegian Forest Research Institute, Ås. Ph.D. Thesis.
- Wennström, U. och Almqvist, C. 1998. Fröet – embryot till den nya skogen. *Skogforsk*, Redogörelse 5–1998, s. 22–31.
- Wennström, U., Bergsten, U. och Nilsson, J.-E. 2001. Early seedling growth with *Pinus sylvestris* after sowing with a mixture of stand and orchard seed in dense spacing. *Can. J. For. Res.* 31, s. 1184–1194.
- Wennström, U. och Rosvall, O. 2006. Högre vinster med offensivt utnyttjande av tallfröplantager. *Skogforsk*, Resultat nr 16, 2006.
- Wiersma, N. 1972. Skadeinsekter på kottar och granfrön. Institutet för skogsförbättring, Skogsträdsförädling. *Information* nr 1 1972/73, 4 s.