



Sådd av tallfrön med vattenryggsäck: En laboratoriestudie

*Direct seeding of pine seeds with a water back-pack:
A laboratory study*



Carolina Sundin



Examensarbeten

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2009:11

Sådd av tallfrön med vattenryggsäck: En laboratoriestudie

*Direct seeding of pine seeds with a water back-pack:
A laboratory study*

Carolina Sundin

Nyckelord / *Keywords:*

Sådd, fröpaket, vattenryggsäck, gasutbyte / *Seeding, seed packages, water back-pack, gas exchange*

ISSN 1654-1898

Umeå 2009

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forestry*

Skogsvetarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i skogshushållning / *Master of Science thesis, EX0304, 30 hp, avancerad D*

Handledare / *Supervisor:* Urban Bergsten

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Examinator / *Examiner:* Göran Hallsby

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

Sammanfattning

Föryngring av skog är en nödvändig, men kostsam åtgärd och därför är det eftersträvansvärt att hitta en föryngringsmetod som är både kostnadseffektiv och ger en bra föryngring. Ett sätt att få en billigare föryngringsåtgärd är att använda frösådd. Vid en lyckad sådd gör det stora plantuppslaget att plantorna får bra förutsättningar för god kvalitet. Dessa plantor får dessutom bättre rotutveckling och stabilitet än planterade plantor. Användningen av skogssådd är dock begränsad av bl.a. frötillgången, ståndortens egenskaper och den korta såddsäsongen. Därför är det viktigt att försöka hitta sätt att förlänga såddsäsongen och minska fröåtgången samt ståndortegenskapernas inverkan på groningen. Den mest begränsande faktorn vid frögroning är vatten och det är därför viktigt att fröna har god tillgång till vatten när groningen påbörjas och fröna inte torkar ut. Även gasutbytet är viktigt vid frögroning.

Syftet med studien var att ta fram ett inledande kunskapsunderlag för ett föryngrings-system baserat på sådd av ”fröpaket med vattenryggsäck”, sådd av frön som börjar gro omedelbart efter såddtillfället tack vare bifogat vatten. Följande hypotes testades: Om man skickar med det vatten som behövs för groningen i rätt förpackning går groningen mycket snabbt och det blir hög plantbildning även om den yttre miljön inte ger optimala fuktighetsbetingelser. Fyra försök utfördes med olika behandlingar. Alla försök genomfördes inomhus utan någon yttre tillförsel av vatten och fröpaketen var placerade på ett bord. Ljuskällan var endast rumsbelysning och ljus från ett fönster. I försöken studerades inverkan av olika substrat (H_2O + torv + polymer och H_2O + torv) och substratvolym, vattenhalt, olika förpackningssätt (plastfilm och plaströr med lock) samt olika nivåer av gasutbyte (0, 2, eller 10 hål i plastfilmen alternativt locket). I de två första försöken ingick polymeren Ac-Di-Sol® i samtliga behandlingar. Däremot i de två sista försöken innehöll hälften av proverna polymer och hälften var utan. I de tre första försöken användes plantagefrö från Skaholma medan i det fjärde försöket användes beståndsfrö från Karesuando varav hälften var vitaliserat och hälften fungerade som kontroll.

Substrat med polymer var signifikant (Fisher Exact ≤ 0.05) sämre än substrat utan polymer när det gäller groddplantbildning. De prover där substratet bestod av torv, vatten och polymer utvecklade inga groddplantor. Polymeren verkade ha haft en hämmande effekt på frögroning och groddplantbildning. Däremot i de prover som endast innehöll torv och vatten blev det stor andel groddplantor. Proverna i försök 3 med substratstorleken $4,2 \text{ cm}^3$, vattenhalten 80.2 % och gasutbytet ”10 hål” i plastlocket resulterade i 100 % groddplantor oberoende av rörstorlek. Groddplantor kunde bildas utan hål i plastlocket, men det blev bättre resultat med hål, dvs. ökat gasutbyte. De vitaliserade fröna resulterade i fler groddplantor och snabbare utveckling jämfört med kontrollfröna, vilket stämmer överens med tidigare forskning. Substratvolymen 4.2 cm^3 verkar inte ha varit för liten för att frön ska kunna gro och etablera groddplantor, vilket borde kunna betyda att man kan använda sig av relativt små fröpaket vid sådd i skogen. Studien visar att det går att få frön att gro genom att skicka med vatten även om den yttre miljön inte skulle tillåta adekvat vattenförsörjning enligt uppställd hypotes. Försöken med fröpaket visar att om metoden finslipas bör den kunna appliceras i fält för att förbättra frösåddtekniken.

Nyckelord: sådd, fröpaket, vattenryggsäck, gasutbyte.

Abstract

Regeneration of forests is a necessary but expensive measure. Therefore it is important to find a regeneration method that is both cost effective and that gives a good regeneration. There are several ways to regenerate forests and one way to get a less expensive regeneration is to sow. At a successful direct seeding there are a great number of seedlings which contributes to good conditions for high quality. These seedlings also get better root development and stability than planted seedlings. The utilization of direct seeding is limited by seed access, site properties and the short seeding season. Therefore it is important to try to find ways to prolong the seeding season and to reduce the seed consumption and also reduce the impact of the site properties on seedling emergence. The most limiting factor when it comes to germination is water. Therefore it is important that the seeds have access to water when the germination starts. It is also important that the seeds do not get dry. The gas exchange is also of importance for germination.

The purpose with this study was to put together a preliminary basis of knowledge for a system of regeneration based on seeding of “seed package with a water backpack”, seeding of seeds that starts to germinate directly after the seeding thanks to attached water. The following hypothesis was tested: If you send the water required for germination in the right packaging the germination will be fast and the seedling establishment high even if the external environment does not give optimal moisture conditions. Four experiments were done with different treatments. The experiments were conducted indoors without any external supply of water. The seed packages were placed on a table. The effect of different substrates (H_2O + peat + polymer and H_2O + peat), substrate volumes, water volumes, different packaging (plastic film or plastic tubes with a lid) and different levels of gas exchange (0, 2, or 10 holes in the plastic film or in the lid) was studied. The first two experiments included the polymer Ac-Di-Sol® in all treatments. The last two experiments were divided in two where half the samples included polymer and the other half did not. The first three experiments used plantation seeds from Skaholma while the fourth experiment used stand seed from Karesuando of which half was invigorated and half worked as a control.

Substrates with polymer were significantly (Fisher Exact ≤ 0.05) different from substrates without polymer when it concerns seedling establishment. No seedlings were established in the samples containing peat, water and polymer. The polymer seemed to have an inhibiting effect on germination and seedling establishment. However in the samples that only contained peat and water there was a big proportion of seedlings. The samples in experiment 3 with the substrate size 4.2 cm^3 , water content 80.2 % and gas exchange “10 holes” in the plastic lid resulted in 100 % seedlings independent of tub size. Seedlings were able to grow without any hole in the plastic lid, though the results were better when there were holes in the lid, due to increased gas exchange. The invigorated seeds resulted in more seedlings and better development compared to the control seeds, which agrees with previous research. The substrate volume 4.2 cm^3 did not seem to have been too small for the seeds to establish germination and seedling establishment, which ought to mean that you can use relatively small seed packages for direct seeding. The study shows, according to the hypothesis, that you can get seeds to grow if you are able to send water with the seeds even if the external environment does not allow suitable water support. The experiments with seed packages show that if the method is polished it should be able to apply in the field to improve the technique of direct seeding.

Key words: seeding, seed packages, water back-pack, gas exchange.

Innehållsförteckning

Inledning	5
Bakgrund	5
Syfte och hypotes	6
Material och metoder	6
Resultat	10
Diskussion och slutsatser	15
Polymer och frögroning	15
Skalmaterial	15
Gasutbyte och luftvolym	16
Substratvolym	16
Vattenmängd	17
Frötyp	17
Etiolering	17
Slutsatser inför fortsatt utveckling	18
Tack	18
Referenser	19

Inledning

Bakgrund

Föryngring av skog är en nödvändig (jfr Skogsvårdslagen 2006) men kostsam åtgärd och därför är det eftersträfvansvärt att hitta en föryngringsmetod som är både kostnadseffektiv och ger en bra föryngring. Plantering är den vanligaste föryngringsmetoden (jfr Grönvall 2008). Det är även den metod som ger snabbast återbeskogning, jämförelser har visat att planterad tall ofta har 2-3 års försprång i tillväxt jämfört med planter från exv. direktsådda frön (Hagner 1984). Plantering är dock en kostsam metod. Detta beror på flera saker; planter är dyra, det krävs ofta en kostsam markberedning och själva planteringsarbetet är arbetskrävande (Håkansson 1998). Ett sätt att få en billigare föryngringsåtgärd är att använda frösådd. Enligt Wennström et al. (1999) kostar en föryngring med sådd ungefär hälften så mycket som en konventionell plantering med målet att ha 2000 – 2500 planter per hektar efter fyra år. Om målet däremot är 5000 planter per hektar efter fyra år kostar sådden en tredjedel av planteringskostnaden (Wennström et al. 1999). Enligt Glöde et al. (2003) skulle det behövas en förädlingsvinst motsvarande en höjning av den löpande volymtillväxten med ca 20 % i norra Sverige och ca 17 % i södra Sverige för att plantering av tall skulle få ett högre nuvärde än maskinell sådd med beståndsfrö. Vid en lyckad sådd gör det stora plantuppslaget att plantorna får bra förutsättningar för god kvalitet. Dessa planter får dessutom bättre rotutveckling och stabilitet än planterade planter och mindre rotdeformation (Rune och Matsson 1992; Lindström och Rune 1999).

Skogssåddens användbarhet begränsas av bl.a. frötillgången, ståndortens egenskaper och den korta såddsäsongen.

Fröets gröningsförmåga har större betydelse för plantbildningen på ett hygge än i en plantskola (Wennström et al. 2002). Plantagefrön, med hög vikt, ger bättre plantbildning och större planter med högre överlevnad jämfört med beståndsfrön med låg vikt (Wennström 1999, Wennström 2001). Plantagefrön väntas medföra skogar med högre virkesproduktion på sikt (Eriksson et al. 2004). Allt detta tillsammans tyder på att det är bättre att använda plantagefrö istället för beståndsfrö vid skogssådd. Däremot är plantagefrö dyrare än beståndsfrö (Wennström 2001) vilket talar för att man skulle behöva minska givan vid användning av plantagefrö för skogssådd, dvs. det krävs frösnålare såddmetoder.

Även när det gäller vissa ståndorter är det önskvärt med utvecklade såddmetoder, exv. bördigare marker lämpar sig inte för sådd p.g.a. den snabba igenväxningen av gräs (Kankaanhuhta et al. 2009). För sådd i södra Sverige rekommenderas ofta sådd under tallskärm för att bl.a. motverka hyggesvegetationen (Bergsten och Sahlén 2008) och för att få ett säkrare föryngringsresultat (Karlsson et al. 1999). Med en anpassad markberedning och en såddmetod som ger snabb plantutveckling bör även vissa bördigare marker kunna sås (jfr Winsa och Bergsten 1994, Winsa och Sahlén 2001).

Den kanske viktigaste praktiska begränsningen är dock att såddsäsongen är kort, åtminstone med de metoder som används idag. Enligt Bergsten och Sahlén (2008) får

man den högsta plantbildningen och överlevnaden vid försommarsådd. Man sår på våren eftersom man vill utnyttja försommarvattnet som är kvar efter vintern för att fröna ska få tillräckligt med vatten för att kunna gro (Winsa och Sahlén 2001).

För att utveckla såddens metodik är det angeläget att utgå från de biologiska förutsättningarna. Tallfröets groning påverkas kraftigt av temperatur och fuktighet, den mest begränsande faktorn vid frögroning är vatten (Winsa 1995). Därför är det viktigt att fröna har god tillgång till vatten när groningen påbörjas och dessutom måste man undvika att fröna torkar ut. Även gasutbytet är viktigt vid frögroningen. Finkorniga jordarter i kombination med hög vattenhalt kan ge upphov till syrebrist vilket kan försämra groningen (Oleskog et al. 2000). I ostörd markvegetation är oftast vattentillgången otillräcklig för frögroning (Bergsten & Sahlén 2008). Man kan däremot förbättra fuktförhållandena för frögroning genom blottläggning av mineraljord, humusinblandning i mineraljorden, kompaktering, övertäckning och mikropreparering (Bergsten & Sahlén 2008). Pamuk (2004) gjorde försök där han använde polymeren Ac-Di-Sol för att förbättra vattenhållande förmåga och kapillaritet hos ”vekar” vid sådd i fält. Syftet var att undersöka om frögroning och tidig etablering av tallfrön kunde förbättras under en varm och torr sommar. Han använde sig av tre olika markberedningsmetoder (hög, humusmix, bar mineraljord) för att variera fuktigheten i jorden, två olika fukthalter på frön (torkade och vitaliserade 30 % fukthalt, ej återtorkade), tre olika polymerblandningar (pulver, gel, gel/torv) och tre olika markprepareringar (yta (2 cm fördjupning), 2 cm veke, 6 cm veke). De flesta behandlingar som innehöll hydrogel gav bättre frögroning än kontrollbehandlingarna (jfr Pamuk 2004). Den högsta frögroningen (32.5 %) uppnåddes med vitaliserade frön som var preparerade med ett gel/torv paket och en 6 cm veke och där man markberett genom att ta bort organiskt material (jfr Pamuk 2004).

Ytterligare en åtgärd för att förbättra plantbildningen vid sådd skulle vara att skicka med fröna vatten så att de skulle kunna gro även om den yttre miljön inte ger tillräcklig vattenförsörjning. I detta arbete har olika sätt att skicka med vatten testats och jämförts.

Syfte och hypotes

Syftet med arbetet var att ta fram ett inledande kunskapsunderlag för ett föryngrings-system baserat på sådd av ”fröpaket med vattenryggsäck”, sådd av frön som börjar gro omedelbart efter såddtillfället tack vare bifogat vatten. Följande hypotes testades:

Om man skickar med det vatten som behövs för groning i rätt förpackning går groningen snabbt och det blir hög plantbildning även om den yttre miljön inte ger optimala fuktighetsbetingelser.

Material och Metoder

Fyra försök med olika varianter av ”fröpaket med vattenryggsäck” utfördes i ett av SLUs laboratorium i Umeå under perioden 18 september till 19 december 2007. Alla försök genomfördes utan någon yttre tillförsel av vatten, fröpaketen var placerade på ett bord. Rumstemperatur och luftfuktighet i rummet mättes (Rotronic) vid fem tillfällen under försökens gång. Luftfuktigheten (RH) varierade mellan 20.5 – 24.0 % förutom vid ett

tillfälle när den var endast 12.3 %. Temperaturen låg mellan 20.2 – 22.8 °C. Ljuskällan var endast rumsbelysning och ljus från ett fönster.

I försöken studerades inverkan av olika substrat (uppvattnad torv med eller utan polymerinblandning), substratvolymer (4,2 cm³, 14,1 cm³ och 33,5 cm³), förpackningssätt (plastfilm och plaströr med lock), vattenhalter (mellan 85.0 % och 90.1 %) och gasutbytesnivåer (0 hål, 2 hål och 10 hål i plastfilmen alternativt locket samt ”öppet” i plastfilmen). Delförsöken innehöll olika kombinationer av dessa. Försöksserien utfördes med ett gafflingsupplägg, d.v.s. i början testades flera olika kombinationer av behandlingar och efterhand fokuserades på de mest lovande varianterna. Inledningsvis gjordes även tester för att fastställa vilka vattenmängder som krävdes för att få en mekaniskt tillräckligt stabil fröinpackning. De två första försöken innehöll endast substratet med polymer, medan försök 3 och 4 innehöll båda substraten för att kunna jämföra dem. I dessa försök byttes förpackningssättet ut från plastfilm till plastburk med lock för att passa substratet utan polymer.

I försök 1-3 användes plantagefrö av tall (*Pinus sylvestris* L.) från plantagen Skaholma (ursprung lat. 63°50', long. 20°15', 5 m.ö.h.) medan i försök 4 användes ett beståndsfrö (både kontroll och vitaliserat frö) av tall (*Pinus sylvestris* L.) från Karesuando (lat. 67,4°N, long. 22,5°, 325 m.ö.h.), jfr tabell 1. Vitaliserade frön var inkuberade vid 30 % fukthalt i 35 dagar vid 5 grader (ej tillbakatorkade). Groningsanalysen i tabell 1 gäller för vitaliserade (38 dagar) och tillbakatorkade frön.

För att bestämma de olika behandlingarnas vattenhalter togs två prover från vart och ett av de substratblandningar som hade olika vattenmängd. Dessa vägdes, torkades i torkskåp i 65°C i två dygn och vägdes därefter igen så att vattenhalten kunde räknas ut. Därefter togs ett medelvärde utav de två proverna (tabell 2-5).

Tabell 1. Groningsprocent efter 14 dagars groningstest (G14), groningsenergi, antal grodda efter 7 dagar i procent av totalt antal grodda efter 14 dagar (GE), friska ej grodda frön efter ett groningstest (FEG) och tusenkornvikt (Tkv).

Försök	G14	GE	FEG	Tkv
1-3	95.0%	93.5%	0.5%	5.2g
4 kontroll	62.0%	68.5%	27.5%	4.22g
4 vitaliserade	86.3%	93.9%	1.0%	4.22g

I samtliga försök användes naturtorv, dvs. ren torv utan tillsatser eller gödsel. Densiteten var 280 kg/m³, pH-värdet 3,6 – 4,4, finfördelningsgraden 0-25 mm och omsättningsgraden 35 – 55 g/l.

På ovansidan av varje prov mitt i substratet gjordes en konformad fördjupning (ca 1.36 cm³) med en pennspets. Detta gjordes av två anledningar. Dels för att fröna skulle omslutas av substratet och dels för att skapa en luftspalt. I fördjupningens mitt placerades två tallfrön per substratpaket. I de fall det var hål i plastfilmen alternativt locken på plaströren var dessa hål 1 mm i diameter och befann sig rakt ovanför fördjupningen i substraten. I de prover som hade en stor öppning (benämndes öppet) ovanför fördjupningen i substratet brändes detta hål i plasten med en lödtång.

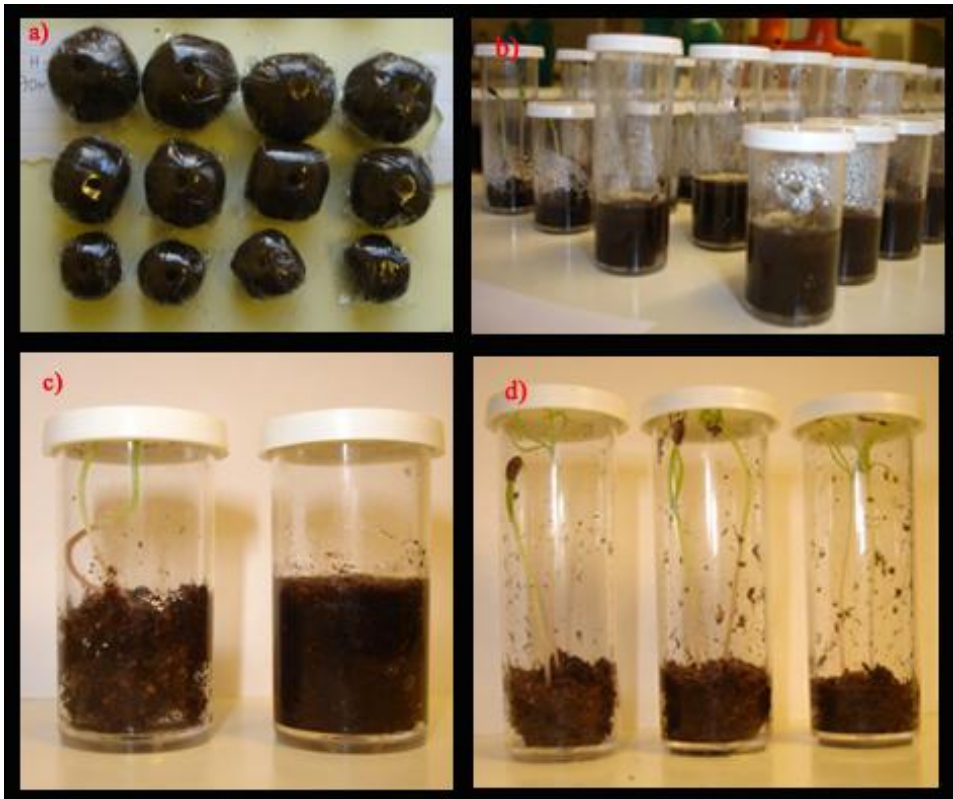
I försök 1 och 2 placerades tallfrön i paket av vatten, naturtorv och den hydrofila polymeren Ac-Di-Sol®, med absorptionsförmågan 400-1500 gram vatten per gram torr hydrogel (cf. Pamuk 2004). Ingredienserna blandades för hand till en substratblandning och varje prov rullades till en boll som lindades in i charkuteriplast, *Foodflex* (12,5 µm), dvs. en PVC-film med hög syre- och vattenångstransmission. Kriterierna för plastfilmen var att den skulle hålla inne vatten, vara tunn så att den kunde formas utanpå substratblandningen samt släppa igenom syre och koldioxid.

I försök 1 (se tabell 2) användes ett substrat (H₂O + torv + polymer), tre olika substratvolym (4,2 cm³, 14,1 cm³ och 33,5 cm³), tre olika vattenhalter (87.6 %, 86.7 % och 90.1 %) och två olika nivåer på gasutbyte (0 hål i plasten och 2 hål i plasten). Tre separata substratblandningar med olika vattenhalt blandades till. Substratblandningarna angivna i volymprocent innehöll i stigande ordning cirka (55 % H₂O, 33 % torv, 12 % polymer), (59 % H₂O, 30 % torv och 11 % polymer), (61 % H₂O, 28 % torv och 11 % polymer). Totalt provantal var 144 st. Varje behandling hade 8 upprepningar.

I försök 2 (se tabell 3) användes ett substrat (H₂O + torv + polymer), en substratvolym (4,2 cm³), två olika vattenhalter (85.0 % och 88.4 %) och tre nivåer av gasutbyte (2 hål i plasten, 10 hål i plasten och helt öppet ovanför fördjupningen i substratpaketen). Två separata substratblandningar med olika vattenhalt blandades till. Substratblandningarna angivna i volymprocent innehöll i stigande ordning cirka (54 % H₂O, 33 % torv, 13 % polymer), (57 % H₂O, 31 % torv, 12 % polymer). Totalt provantal var 48 st. Varje behandling hade åtta upprepningar.

I försök 3 och 4 användes två olika substrat (H₂O + torv + polymer och H₂O + torv). Den senare för att se om polymeren hade någon inverkan på frögroningen. Substratblandningen och fröna placerades i dessa två försök i plaströr (Cerbo, två storlekar; 10ml, 15ml). I försök 3 (se tabell 4) användes två olika substrat (H₂O + torv + polymer och H₂O + torv), en substratstorlek (4,2 cm³), två vattenhalter (89.6 % och 80.2 %), tre nivåer av gasutbyte (0 hål, 2 hål och 10 hål i rörens plastlock) och två storlekar på plaströren (10ml, 15 ml). Två separata substratblandningar med och utan polymer blandades till. Substratblandningarna innehöll angivna i volymprocent i stigande ordning cirka (57 % H₂O, 31 % torv, 12 % polymer), (64 % H₂O, 36 % torv). Totalt provantal var 66 st. Behandlingarna med polymer hade sex upprepningar medan behandlingarna utan polymer hade fem upprepningar.

I försök 4 (se tabell 5) användes två substrat (H₂O + torv + polymer och H₂O + torv), en substratstorlek (4,2 cm³), två vattenhalter (87.5 % och 88.1 %), två nivåer av gasutbyte (0 hål och 2 hål i rörens plastlock) och en storlek på plaströren (10 ml). Två separata substratblandningar med och utan polymer blandades till. Substratblandningarna innehöll angivna i volymprocent i stigande ordning cirka (57 % H₂O, 31 % torv, 12 % polymer), (64 % H₂O, 36 % torv). Totalt provantal var 48 st. Varje behandling hade sex upprepningar.



Figur 1. a) Substratpaket i försök 1-2 innehållande torv, H₂O och polymer. **b)** Plaströr i försök 3-4, de två bakre raderna innehållande torv och H₂O och de två främre raderna innehållande torv, H₂O och polymer. **c)** Plaströr i försök 4, till vänster med torv och H₂O, till höger med torv, H₂O och polymer. **d)** Tre plaströr i försök 3 med torv och H₂O samt välutvecklade groddplantor.

Samtliga försök varade i 14 dagar förutom vissa prover i försök 3. I detta försök fick de rör som innehöll två groddplantor efter 14 dagar stå ytterligare 7 dagar för att kunna följa utvecklingen och se hur stora groddplantorna kunde bli om de fick längre tillväxttid. Groning och plantbildning registrerades. Groende frön med roten minst lika lång som fröskalet räknades som grodda. Frön som ej grott klassificerades genom snittningstest som levande (FIG; friska ej grodda med vitt eller grönt embryo, där frön med grönt embryo motsvarar en längre framskriden groning), eller döda enligt ISTA (1996). Dessutom klassades de frön som börjat gro, men där roten inte var minst lika lång som fröskalet som "grodd synlig". En särskild klass infördes för groddplantor där kriteriet var att grodden skulle ha börjat växa uppåt och vara över 1 cm lång.

Resultaten för de olika behandlingarna studerades och i vissa fall fanns tydliga skillnader (andelen groddplantor i behandlingarna med och utan polymer och även andelen döda frön för de olika gasutbytena i försök 2). I dessa fall användes det statistiska testet Fisher's exact för att jämföra proportioner behandlingarna emellan och för att se om det fanns signifikanta skillnader på femprocentsnivån.

Resultat

I försök 1-2 där substratet bestod av torv, vatten och polymer blev det inga groddplantor och ytterst få frön grodde. Majoriteten frön nådde endast utvecklingsnivån FIG vitt embryo.

I försök 1 (tabell 2) av de frön som nådde utvecklingsklassen FIG grönt embryo var majoriteten av dessa i proverna med ”2 hål” i plasten, dvs. med högre gasutbyte. Den intermediära vattenhalten medförde 100 % överlevnad. Denna vattenhalt i kombination med ”2 hål” var även den som fick den högsta andelen frön i utvecklingsklasserna grodd och grodd synlig, även om det rörde sig om högst 19 % per klass. Substratvolymen visade ingen tendens att inverka på resultaten.

I försök 2 (tabell 3) av de frön som nådde utvecklingsklassen FIG grönt embryo var majoriteten av dessa i proverna med ”2 hål” i plasten, dvs. med det i detta försök lägsta gasutbytet. Medan den största procenthalten FIG vitt embryo återfanns i bägge vattenhalterna med ”10 hål” i plasten. Den lägre vattenhalten i kombination med stor öppning i plasten medförde hög mortalitet, över 50 %. När det gäller frööverlevnaden fanns det en signifikant skillnad mellan gasutbytesnivåerna i behandlingarna enligt Fisher’s exact test på femprocentsnivån. Det var ingen skillnad mellan gasutbytet ”2 hål” eller ”10 hål” men mellan de båda och gasutbytet ”öppet”.

Försök 3 (tabell 4) var indelat i behandlingar med polymer och i behandlingar utan polymer. Den halva av försök 3 där substratet endast bestod av torv och vatten hade hög gröningsprocent. Fröna som användes i försök 1-3 skulle ha haft $G14 = 95\%$. Resultaten växlade dock med antal hål i plastlocket. Gasutbytet ”0 hål” gav lägst resultat medan ”10 hål” gav 100 procentig utdelning av groddplantor. Den halva av försök 3 där substratet bestod av torv, vatten och polymer fick dåliga resultat oavsett kombination av behandlingsfaktorer. Resultatet blev noll procent groddplantor och endast i ett fåtal fall groddar, dock högst ca 17 %. Det fanns en tydlig signifikant skillnad mellan groddplantbildningen i behandlingarna med polymer och utan polymer enligt Fisher’s exact test på femprocentsnivån. Däremot fanns ingen signifikant skillnad i andelen mortalitet mellan behandlingarna med och utan polymer. Polymeren Ac-Di-Sol verkade alltså inte signifikant döda fröna, men däremot hämma grönningen så mycket att ingen groddplanta bildades.

Försök 4 (tabell 5) var också indelat i två halvor, där substratet innehöll polymer i den ena delen men inte den andra. Det fanns en signifikant skillnad mellan behandlingar med och utan polymer gällande groddplantbildning. Däremot gav substratet med torv och vatten lägre resultat än för samma substrat i försök 3, beroende på att ett annat fröparti användes. De behandlingar som innehöll polymer fick noll procent grodd och groddplantor. Någon signifikant skillnad gällande överlevnad mellan behandlingarna med och utan polymer fanns dock inte. Däremot fanns det mortalitet i samtliga behandlingar.

Tabell 2. Försök 1. Inverkan av substrat, vattenhalt, gasutbyte och substratvolym på groningen och plantbildning. Samtliga behandlingar hade åtta upprepningar och innehöll polymer. Vattenhalt samt resultat är angivna i procent.

Substrat	Vattenhalt	Gasutbyte	Substratvolym	Groddplanta	Grodd	Grodd synlig	FIG, grönt embryo	FIG, vitt embryo	Dött frö
H ₂ O, torv, Ac-Di-Sol	87.6	0 hål	4.2 cm ³	0.00	6.25	6.25	0.00	75.00	12.50
— —	87.6	0 hål	14.1 cm ³	0.00	0.00	0.00	0.00	87.50	12.50
— —	87.6	0 hål	33.5 cm ³	0.00	0.00	0.00	6.25	87.50	6.25
— —	87.6	2 hål	4.2 cm ³	0.00	0.00	6.67	20.00	66.70	6.67
— —	87.6	2 hål	14.1 cm ³	0.00	6.25	6.25	31.25	56.25	0.00
— —	87.6	2 hål	33.5 cm ³	0.00	0.00	12.50	25.00	56.25	6.25
— —	86.7	0 hål	4.2 cm ³	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
— —	86.7	0 hål	14.1 cm ³	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
— —	86.7	0 hål	33.5 cm ³	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
— —	86.7	2 hål	4.2 cm ³	0.00	18.75	18.75	25.00	37.50	0.00
— —	86.7	2 hål	14.1 cm ³	0.00	6.25	18.75	25.00	50.00	0.00
— —	86.7	2 hål	33.5 cm ³	0.00	12.50	18.75	37.50	31.25	0.00
— —	90.1	0 hål	4.2 cm ³	0.00	0.00	12.50	0.00	75.00	12.50
— —	90.1	0 hål	14.1 cm ³	0.00	0.00	0.00	6.25	75.00	18.75
— —	90.1	0 hål	33.5 cm ³	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
— —	90.1	2 hål	4.2 cm ³	0.00	18.75	18.75	25.00	37.50	0.00
— —	90.1	2 hål	14.1 cm ³	0.00	6.25	18.75	25.00	50.00	0.00
— —	90.1	2 hål	33.5 cm ³	0.00	13.33	13.33	46.67	20.00	6.67

Tabell 3. Försök 2. Inverkan av substrat, vattenhalt och gasutbyte på groningen och plantbildning. Samtliga behandlingar hade åtta upprepningar, innehöll polymer och hade substratvolymen 4,2 cm³. Vattenhalt samt resultat är angivna i procent.

Substrat	Vattenhalt	Gasutbyte	Groddplanta	Grodd	Grodd synlig	FIG, grönt embryo	FIG, vitt embryo	Dött frö ¹⁾
H ₂ O, torv, Ac-Di-Sol	85.0	2 hål	0.00	0.00	0.00	50.00	50.00	0.00
— —	88.4	2 hål	0.00	0.00	31.25	43.75	25.00	0.00
— —	85.0	10 hål	0.00	0.00	0.00	25.00	75.00	0.00
— —	88.4	10 hål	0.00	6.67	6.67	20.00	66.67	0.00
— —	85.0	öppet	0.00	0.00	0.00	18.75	18.75	62.50
— —	88.4	öppet	0.00	0.00	6.25	43.75	25.00	25.00

1) Andel dött frö: Gasutbyte ”öppet” signifikant (Fisher Exact ≤ 0.05) skild från gasutbyte ”2 hål” och ”10 hål”.

Tabell 4. Försök 3. Inverkan av substrat, vattenhalt, gasutbyte och rörvolympå groning och plantbildning. Alla behandlingar hade substratvolympen 4,2 cm³. Behandlingarna med polymer hade sex upprepningar, behandlingarna utan polymer hade fem upprepningar. Vattenhalt och resultat är angivna i procent.

Substrat	Vattenhalt	Gasutbyte	Rörvolymp	Groddplanta ¹⁾	Grodd	Grodd synlig	FIG, grönt embryo	FIG, vitt embryo	Dött frö ²⁾
H ₂ O, torv	80.2	0 hål	10 ml	70.00	0.00	0.00	20.00	10.00	0.00
— —	80.2	0 hål	15 ml	50.00	10.00	30.00	10.00	0.00	0.00
— —	80.2	2 hål	10 ml	80.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00
— —	80.2	2 hål	15 ml	80.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00
— —	80.2	10 hål	10 ml	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
— —	80.2	10 hål	15 ml	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂ O, torv, Ac-Di-Sol	89.6	0 hål	10 ml	0.00	0.00	8.33	8.33	66.67	16.67
— —	89.6	0 hål	15 ml	0.00	0.00	8.33	25.00	58.33	8.33
— —	89.6	2 hål	10 ml	0.00	8.33	0.00	8.33	83.33	0.00
— —	89.6	2 hål	15 ml	0.00	16.67	25.00	8.33	50.00	0.00
— —	89.6	10 hål	10 ml	0.00	0.00	9.09	0.00	90.90	0.00
— —	89.6	10 hål	15 ml	0.00	8.33	8.33	16.67	58.33	8.33

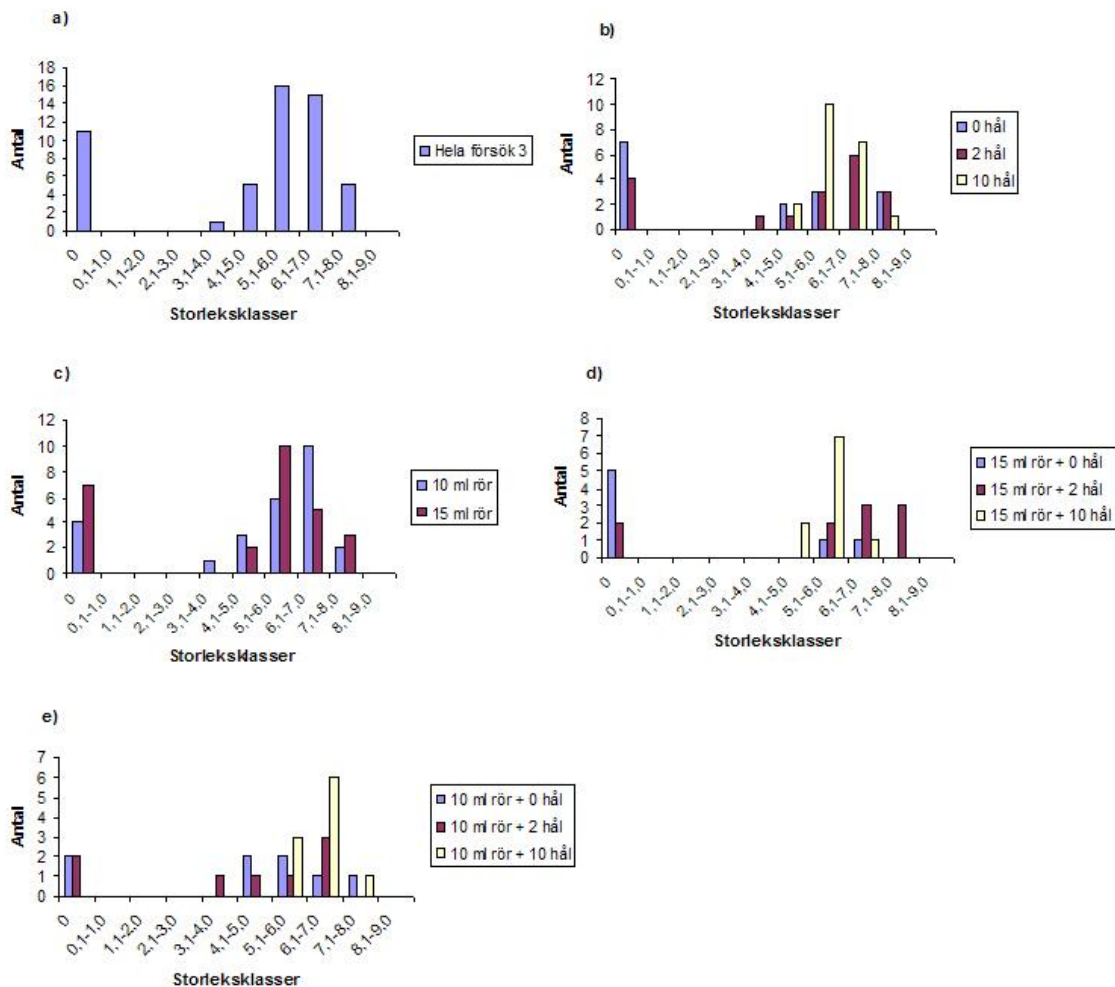
1) Andel groddplantor: Substrat med polymer signifikant (Fisher Exact ≤ 0.05) skild från substrat utan polymer. 2) Andel dött frö: Substrat med polymer är ej signifikant (Fisher Exact ≤ 0.05) skild från substrat utan polymer.

Tabell 5. Försök 4. Inverkan av substrat, vattenhalt, gasutbyte och fröttyp på groning och plantbildning. Samtliga behandlingar hade sex upprepningar och substratvolympen 4,2 cm³ i 10 ml rör. Vattenhalt och resultat är angivna i procent.

Substrat	Fröttyp	Vattenhalt	Gasutbyte	Groddplanta ¹⁾	Grodd	Grodd synlig	FIG, grönt embryo	FIG, vitt embryo	Dött frö ²⁾
H ₂ O, torv	kontroll	88.1	0 hål	50.00	8.33	0.00	8.33	25.00	8.33
— —	vitaliserade	88.1	0 hål	66.67	0.00	8.33	8.33	0.00	16.67
— —	kontroll	88.1	2 hål	36.36	0.00	0.00	0.00	36.36	27.27
— —	vitaliserade	88.1	2 hål	66.67	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33
H ₂ O, torv, Ac-Di-Sol	kontroll	87.5	0 hål	0.00	0.00	8.33	0.00	83.33	8.33
— —	vitaliserade	87.5	0 hål	0.00	0.00	0.00	33.33	41.67	25.00
— —	kontroll	87.5	2 hål	0.00	0.00	0.00	0.00	66.67	33.33
— —	vitaliserade	87.5	2 hål	0.00	0.00	0.00	25.00	41.67	33.33

1) Andel groddplantor: Substrat med polymer signifikant (Fisher Exact ≤ 0.05) skild från substrat utan polymer. 2) Andel dött frö: Substrat med polymer är ej signifikant (Fisher Exact ≤ 0.05) skild från substrat utan polymer.

I försök 3 utgjordes hälften av behandlingarna med polymer och hälften utan, men eftersom det inte blev några groddplantor bland polymerbehandlingarna ingår endast frön från behandlingar utan polymer i nedanstående stapeldiagram. Proverna i detta försök stod 21 dagar jämfört med de övriga försök som stod 14 dagar. Detta resulterade dock inte i någon skillnad för proverna innehållande polymer. I figur 1a visas en översikt över hela försöket där det framkommer att av de frön som resulterat i groddplantor har groddplantorna blivit relativt stora. Det var en tendens att mer gasutbyte gav större groddplantor, medan det inte fanns någon indikation att rörstorleken skulle påverka storleken på groddplantorna (figur 1b-1e).



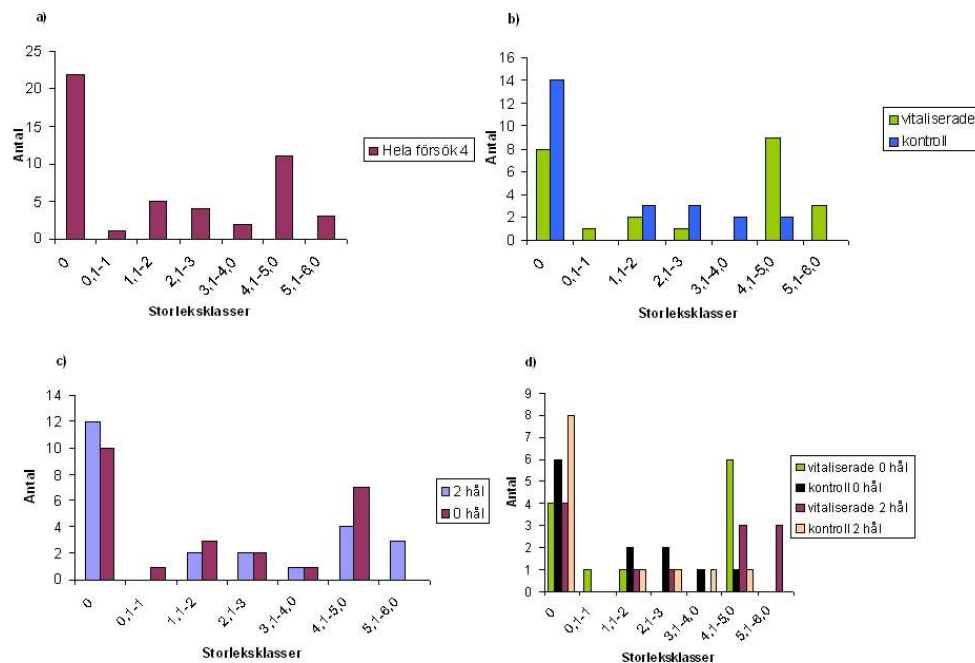
Figur 1. Antal groddplantor i försök 3 fördelade i olika storleksklasser (i cm). Figurerna gäller enbart prover utan polymer eftersom det endast var dessa som resulterade i groddplantor. **a)** Samtliga groddplantor utan polymer. **b)** Storleksfördelningen mellan groddplantorna i proverna med gasutbytet "0 hål", "2 hål" och "10 hål" i locket. **c)** Groddplantornas storleksfördelning sorterade i rörstorlek, 10 ml och 15 ml. **d)** Storleksfördelningen för olika antal hål i locket och rörstorlek 15ml. **e)** Storleksfördelningen för olika antal hål i locket och rörstorlek 10ml.

I försök 4 användes både vitaliserade och ej vitaliserade frön för att kunna jämföra om utvecklingen blev bättre hos de vitaliserade fröna. Dessutom användes två olika gasutbyten; ”0 hål” och ”2 hål” i locket på röret. Figur 2 gäller endast prover utan polymer eftersom inga groddplantor utvecklades i polymerbehandlingarna. I figur 2a visas en översikt över hela försöket som säger att huvuddelen (ca 46 %) frön inte utvecklades till groddplantor men att 54 procent blev groddplantor av varierande längd.

Figur 2b visar de vitaliserade respektive ej vitaliserade frönas fördelning som groddplantor i olika storleksklasser efter 14 dagars tillväxt. Knappt hälften (10/24) av kontrollfröna blev groddplantor. Av dessa blev majoriteten mellan 1.1 och 4.0 cm höga. För de vitaliserade fröna blev utvecklingen lite annorlunda. Ca två tredjedelar av fröna blev groddplantor och huvuddelen av dessa hade en längd på mellan 4.1 och 5.0 cm. Fler vitaliserade frön resulterade i groddplantor jämfört med kontrollfröna (figur 2d). De vitaliserade fröna gav dessutom i högre grad upphov till större groddplantor än vad kontrollfröna gjorde, vilket indikerar att dessa frön ger ett snabbare och bättre resultat.

Försöket delades även in i två olika gasutbyten; ”0 hål” och ”2 hål” i locket. Dessa gav relativt lika resultat vilket visas i figur 2c. Majoriteten av fröna resulterade inte i groddplantor och de som blev groddplantor befann sig i storleksklasserna från 0.1 till 6.0 cm. I detta försök fanns ingen tydlig tendens att ökat gasutbyte skulle medföra större groddplantor (figur 2c).

Man kan även göra en jämförelse där man kombinerar frötyp och gasutbyte som visas i figur 2d. Kategorierna var då vitaliserade frön och ”0 hål”, vitaliserade frön och ”2 hål”, kontrollfrön och ”0 hål” samt kontrollfrön och ”2 hål”. Vitaliserade frön i kombination med 0 hål i locket gav bäst resultat med en fjärdedel frön i storleksklassen 4.1-5.0. I de flesta fall fick frön med gasutbytet ”0 hål” i locket bättre resultat än de med ”2 hål” oavsett frötyp, även om det fanns något undantag.



Figur 2. Antal groddplantor i försök 3 fördelade i olika storleksklasser (i cm). Figurerna gäller enbart prover utan polymer eftersom det endast var dessa som resulterade i groddplantor. **a)** Samtliga groddplantor utan polymer. **b)** Groddplantornas storleksfördelning mellan vitaliserade- och kontrollfrön. **c)** Storleksfördelningen mellan groddplantorna i proverna med gasutbytet ”0 hål” och de med ”2 hål” i locket. **d)** Storleksfördelningen för olika gasutbyte (antal hål) och frötyt (vitaliserade/kontroll).

Diskussion

Polymer och frögroning

I försök 3 och 4 var hälften av proverna med polymer och hälften utan för att undersöka om polymeren hade en inverkan på frögroningen. Utav de fyra försöken var det endast de behandlingar som inte innehöll polymer som fick groddplantor. De försök och behandlingar där det ingick polymer hade dessutom mycket låg nivå av grodd och grodd synlig. Polymeren hämmade antagligen frögroningen, kanske för att vattnet bands till polymeren på ett sätt så att fröna inte kunde tillgodogöra sig det i tillräckligt hög grad, eller så fick polymeren en toxisk effekt. Kanske skulle frögroningen fungera bättre med en lägre polymerhalt, men anledningen till halten i dessa försök var att proverna annars blev så formlösa att de inte gick att arbeta med samt att luftspalten kollapsade. Det finns ett stort antal polymerer (jmf Pamuk 2004) och det kanske finns någon som bättre skulle lämpa sig i ett försök som detta, som kan hjälpa till att binda vatten och göra torvblandningen stabilare samtidigt som det inte hämmar frögroningen.

Skalmaterial

Den tunna charkuteriplast som användes i försök 1 och 2 klarade inte att hålla formen på substratpaketen när de flyttades på, vilket ofta medförde att luftspalten där fröna låg kollapsade delvis eller helt. Hur detta påverkade frögroningen är inte utrett. I försök 3 och 4 användes istället ett hårt plaströr med lock som skalmaterial. Detta hjälpte de prover

som innehöll polymer att hålla formen och i större utsträckning hålla luftspalten öppen. Däremot kollapsade de prover som inte innehöll polymer lättare, eftersom polymeren har en stadgande förmåga som saknades i dessa prov. Det är svårt att veta vad charkuteriplasten hade för inverkan på frögroningen, men det var ingen direkt skillnad mellan andelen grodda frön i försöken med polymer där skalmaterialet var charkuteriplast eller plaströr. Idealiskt skulle vara att ha ett skalmaterial som håller inne vatten, tillåter gasutbyte, har en stadgande förmåga och som bryts ner så att det både är miljövänligt och inte hindrar groddplantans vidareutveckling.

Gasutbyte och luftvolym

Plaströren rymmer mer än den volym de är märkta med, möjligtvis för att de är anpassade för den mängden innehåll, men de rymmer en större luftvolym. Plaströren ”10 ml” hade en volym på ca 13.9 cm^3 och substratet hade en volym på 4.2 cm^3 . Alltså blev luftvolymen 8.7 cm^3 (rörvolym – substratvolym). Plaströren ”15 ml” hade en volym på 20.8 cm^3 och substratet hade en volym på 4.2 cm^3 . Luftvolymen blev med andra ord 16.6 cm^3 (rörvolym – substratvolym). De olika rörstorlekarna i försök 3 verkar inte ha påverkat resultaten, vilket är positivt eftersom man skulle kunna ha en mindre behållare med mindre luftvolym. Detta är något som är väsentligt för att metoden ska kunna utföras i praktiken. Antagligen är kraven på luftvolym ännu lägre, d.v.s. att fröpaket kan göras mindre.

Plastlockens area är 3.14 cm^2 , vilket gäller för såväl 10ml och 15ml rören. Plastlocken som hade 2 hål hade en total hålarea på ca 0.02 cm^2 medan plastlocken som hade 10 hål hade en total hålarea på ca 0.08 cm^2 . Detta betyder att det endast var en mycket liten andel av plastlockets area som hade hål och gav möjlighet till gasutbyte med omgivningen. Dessutom var vissa av proverna utan hål i plastlocket. Groddplantorna tar gradvis upp mer syre när de växer och på dag 11 når de över 80 mikromol $\text{O}_2/\text{h/g}$ (Pehab et al. 1988). Detta gör det viktigt att skalmaterialet bryts ner vid rätt tidpunkt så att groddplantorna får tillgång till det syre de behöver.

I försök 2 var en av gasutbytesnivåerna ”öppet”, dvs. en stor öppning i plastfilmen ovanför fördjupningen i substratet där fröna var placerade. Detta verkar inte vara en bra metod, eftersom det resulterade i relativt hög andel mortalitet. Antagligen startade frögroningen, men fröna dog i och med att vattnet avdunstade. Det fungerade bättre med små nålstickshål i plastfilmen alternativt plastlocket. Det gick alltså att få bra plantbildning även utan hål, även om det gav bättre resultat med gasutbyte (d.v.s. 2 eller 10 hål). Kanske skulle försök 4 även ha haft 10 hål i locket som en parameter, eftersom det var den som gav bäst resultat i försök 3. Men eftersom försök 4 påbörjades innan försök 3 var avslutat var inte detta känt vid försökets början. I ett försök som detta utan yttre tillförsel av vatten sedan försöket påbörjats är det viktigt att det inte är så mycket gasutbyte att vattnet avdunstar. Enligt Oleskog et al. (2000) är det viktigt för att få en bra frögroning att fröna både har tillgång till vatten och kan behålla det.

Substratvolym

Substratvolymen 4.2 cm^3 verkar inte ha varit för liten för att frön ska kunna gro och etablera groddplantor, vilket borde kunna betyda att man kan använda sig av relativt små

fröpaket vid sådd i skogen. Detta styrks även genom den höga andelen groddplantor i försök 3 och 4 där endast den minsta substratvolymen (4,2 cm³) användes.

Vattenmängd

Några olika vattenmängder testades för att försöka få en uppfattning om hur mycket vatten frön behöver för att gro. För att metoden ”fröpaket med vattenryggsäck” ska kunna tillämpas i fält är det viktigt att paketen kan göras små och lätthanterliga, vilket innebär att det är positivt om fröna kan klara sig med så lite vatten som möjligt. Varje paket om två frön innehöll i försök 1 mellan (3.75 - 4.85 ml H₂O), i försök 2 mellan (7.21 - 8.04 ml H₂O), i försök 3 mellan (5.36 - 6.43 ml H₂O) och i försök 4 (8.04 ml H₂O). Variationerna beror på att olika vattenmängder testades samt att försöken innehåller olika antal behandlingar och upprepningar. Det rör sig ändå om små vattenmängder per fröpaket. Vattenmängden i försöken baserades inte på frönas behov för att gro utan valdes för att det skulle vara möjligt att kunna forma substratpaketen och få dessa att hålla ihop. Om man hittar lämpliga komponenter utöver vatten och ett passande skalmaterial kommer man antagligen att kunna använda sig av en lägre vattenmängd än vad som gjordes vid dessa försök. Det behövs alltså relativt lite vatten för att fröna ska kunna gro och växa till groddplantor, vilket medför att fröpaketen skulle kunna vara jämförelsevis små och detta leder i sin tur till att sådd av fröpaket med vattenryggsäck bör vara genomförbart för tillämpning i fält.

Frötyp

Fröna i de tre första försöken utgjordes av plantagefrön, medan fröna i försök 4 var beståndsfrön, varav hälften var vitaliserade och hälften fungerade som kontroll. Plantagefrön med sin ofta högre vikt har enligt Wennström (2001) bättre plantbildningsförmåga än beståndsfrön. Samtidigt är vitaliserade frön bättre än ej vitaliserade frön, eftersom det kan ge en snabb och enhetlig groningen (Bergsten & Sahlén 2008). Även Winsa & Sahlén (2001) rekommenderar att man använder vitaliserade frön för att förbättra frögroningen. Det går inte göra jämförelser mellan försöken eftersom de har olika frötyp, men det noterades en skillnad i överlevnad mellan plantagefröna och beståndsfröna. Alla frön i försök 3 utan polymer levde medan i försök 4 utan polymer fanns mortalitet i samtliga behandlingar. Skillnaden i överlevnad beror på de olika fröpartierna. Tabell 1 och Wennström (2001) styrker detta.

Etiolering och ljustillgång

Under normala förhållanden ute i skogen skulle inte groddplantorna sträcka sig (etiolering) i lika hög utsträckning som de gjorde i dessa försök. En lång sträckning i skogsmiljö skulle snarast ha berott på bristande ljustillgång (Berner 2009). Dessa försök utfördes under höst- och vintertid med ljustillförsel endast från ett fönster under dygnets ljusa timmar samt från en lampa som var påslagen under tiden försöken kontrollerades men i övrigt var avstängd. Ljustillförseln kan med andra ord inte liknas med ljusförhållandena under sommarhalvåret när frön gror och bildar groddplantor i skogsmiljö. Groddplantorna blev förmodligen så långa på grund av för lite ljus, men höjdtillväxten kan hursomhelst räknas som ett mått på hur snabbt de utvecklats.

Slutsatser inför fortsatt utveckling

Denna laboratoriestudie hade ett gafflingsupplägg. Det ingick många olika faktorer och försöken var små. Skälet var att snabbt försöka utröna vilka kombinationer som skulle kunna fungera. I plaströr i laboratoriemiljö med rätt förutsättningar blev fröna i hög utsträckning stora groddplantor. Detta borde även ske i skogen. Alltså borde man kunna uppnå en säkrare och effektivare etablering av sådd.

Studien visar att det behövs en relativt liten vattenmängd för att frön ska kunna gro och dessutom endast en liten substratmängd. Utan yttre tillförsel av vatten är det däremot viktigt att det tillförda vattnet inte avdunstar. Dessutom framkom det att fröna har måttliga krav på gasutbyte. De kan gro utan hål i rörets plastlock, men resultaten blev bättre med gasutbyte i olika grad. Vitaliserade frön fick bättre plantbildning och tillväxt än ej vitaliserade frön och det fanns även en skillnad mellan plantagefrön och beståndsfrön.

Genom att skicka med fröna vatten och binda det vid något ämne t.ex. torv och omsluta blandningen med något slags skalmaterial skulle man kunna förbättra groningsvillkoren. Det kommer att behövas ytterligare forskning och utveckling, bl.a. för att ta reda på vilka skalmaterial och komponenter i substratet som fungerar bäst. T.ex. vilket/vilka skalmaterial som uppfyller kriterierna och hjälper fröpaketet att hålla formen så att det går att så maskinellt utan att paketen och luftspalterna kollapsar. Försöken med fröpaket med vattenryggsäck visar dock att metoden om den finslipas bör kunna appliceras i fält för att förbättra frösåddtekniken.

När man väl kommer fram till lämpliga skalmaterial och komponenter i substratet är fördelarna många. Fler marker skulle kunna användas eftersom fröna har med sig det de behöver för att kunna gro. Såddsäsongen skulle kunna förlängas i och med att förutsättningarna skulle förbättras och vattentillgången inte skulle bli en begränsande faktor i samma utsträckning som den är nu. Dessutom skulle fröåtgången kunna reduceras i och med att sådden skulle bli säkrare och effektivare. Plantagefrön är dyrare än beståndsfrön, men eftersom man skulle behöva färre frön borde man antagligen kunna använda plantagefrön för att uppnå ännu bättre resultat vid sådden (jfr Wennström et al. 1999).

Tack

Jag vill rikta ett tack till de personer som hjälpt mig att genomföra och färdigställa mitt examensarbete. Det må ha tagit längre tid än planerat, men nu är det äntligen färdigt. Ett stort tack till min handledare Urban Bergsten för ditt tålamod och dina supersnabba rättningar och mejlsvar. Tack till min examinator Göran Hallsby för rättningar och tänkvärda tips. Tack Ulfstand Wennström för alla förklaringar angående mina frödata, det var kanon. Tack till hejarklacken i form av familj och vänner som peppat och hållit tummarna hela vägen i mål. Och sist men inte minst tack till min fästman Per Samuelsson för ditt ovärderliga stöd, all uppmuntran och för att du funnits där när jag behövt det, jag älskar dig.

Referenser

Skriftliga referenser

Anon. (1996) International rules for seed testing 1996. International Seed Testing Association. Seed Sci. Technol. Suppl. 24: 335.

Anon. (2006) Skogsvårdslagen. Skogsstyrelsens förlag, Jönköping.

Bergsten, U.; Sahlén K. (2008) Skogsskötselserien nr 5, sådd. Skogsstyrelsens förlag.

Eriksson, B.; Rosvall, O.; Wennström U. (2004) Förädlat frö vid skogssådd. Arbetsrapport från Skogforsk. Nr 564.

Glöde, D.; Hannerz, M.; Eriksson, B. (2003) Ekonomisk jämförelse av olika föryngringssystem. Arbetsrapport från Skogforsk. Nr 557.

Grönvall, A. (2008) Skogsstatistisk årsbok. Skogsstyrelsen. Jönköping.

Hagner, M. (1984) Överlevnad och tillväxt under nio år hos konsådd tall (*Pinus sylvestris* och *Pinus contorta*). Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 5:5-19.

Håkansson, M.; Larsson, M. (1998) Skogsbrukets ekonomi. LT:s förlag, Stockholm. s. 55 - 65.

Kankaanhuhta, V.; Saksa, T.; Smolander, H. (2009) Variation in the Results of Norway Spruce Planting and Scots Pine Direct Seeding in Privately-Owned Forests in Southern Finland. *Silva Fennica* 43(1). Research articles.

Karlsson, H.; Lundmark, J-E.; Sundkvist, H.; Wahlgren, B.; Jacobsson, J. och Johansson, O. (1999) Handbok i återväxtplanering. Assi Domän.

Lindström, A.; 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: 29-37.

Oleskog, G.; Grip, H.; Bergsten, U.; Sahlén, K. (2000) Seedling emergence of *Pinus sylvestris* in characterized seedbed substrates under different moisture conditions. *Can. J. For. Res.* 30: 1766–1777.

Pamuk, G-S. (2004) Controlling Water Dynamics in Scots Pine (*Pinus Sylvestris L.*) Seeds Before and During Seedling Emergence. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Umeå.

Pehab, A.; Henriksson, G.; Sahlén, K. (1988) Respiration of germinating spruce seeds: further investigations and measurements with the Warburg direct method. Rapport. Nr 24. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of silviculture. Umeå.

Rune, G.; Matsson, M. (1992) En jämförelse mellan manuell plantering och maskinell radsådd av contorta – biologiskt tillstånd i kulturbestånd 7 till 12 år efter anläggning. Examensarbete i ämnet Skogsskötsel, nr 6. Institutionen för skogsskötsel. Sveriges Lantbruksuniversitet.

Wennström, U.; Bergsten, U.; Nilsson, J-E. (1999) Mechanized microsite preparation and direct seeding of *Pinus sylvestris* in boreal forests – a way to create desired spacing at low cost. *New Forests* 18: 179–198.

Wennström, U. (2001) Direct seeding of *Pinus sylvestris* (L.) in the boreal forest using orchard or stand seed. Doctoral thesis. Department of silviculture. Swedish University of Agricultural Sciences Umeå. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 204.

Wennström, U.; Bergsten, U.; Nilsson, J-E. (2002) Effects of Seed Weight and Seed Type on Early Seedling Growth of *Pinus sylvestris* under Harsh and Optimal Conditions. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 118–130.

Winsa, H.; Bergsten, U. (1994) Direct seeding of *Pinus sylvestris* using microsite preparation and invigorated seed lots of different quality: 2-year results. *Can. J. For. Res.* 24: 77 – 86.

Winsa, H.; Sahlén, K. (2001) Effects of Seed Invigoration and Microsite Preparation on Seedling emergence and Establishment After Direct Sowing of *Pinus sylvestris* L. at Different dates. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16:5, s. 422 - 428.

Winsa, H. (1995) Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* L. after direct seeding. Dissertation. Department of Silviculture. Swedish University of Agricultural Sciences. Umeå.

Övriga referenser

Berner, A. Store Norske Leksikon. <http://www.snl.no/etioler/botanikk>
Besökt 090420

Foodflex. JD Stenqvist AB. <http://www.immenco.se/pdf/forpackningssortiment.pdf>
Besökt 090419.

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2008:31 Författare: Emma Perés
Stabilitet, rot- och stamgenskaper efter plantering med Starpot 50 i jämförelse med Hiko 50 och sådd – Resultat efter 6 - 12 år för tall och contorta i Härjedalen
- 2008:32 Författare: Pernilla Bärlund
Återväxt av blåbär (*Vaccinium myrtillus* L.) efter ångbehandling – orsaker till effektiv kontroll
- 2008:33 Författare: Staffan Ludewig
Gallringsprioritering av contortabestånd
- 2008:34 Författare: Helena Nord
Water infiltration under different land use in miombo woodlands outside Morogoro, Tanzania
- 2008:35 Författare: Daniel Yring
Plantantal och planthöjd i SCA's contortasådder i Västerbotten inom åldersintervallet 1 till 6 år efter sådd
- 2008:36 Författare: Mattias Björkman Westin
Frigörelse av kvicksilver och metylkvicksilver till bäckvatten under olika perioder efter skogsavverkning
- 2009:1 Författare: Marianne Karlsson
Influence of light competition on vitality in old aspen
- 2009:2 Författare: Frida Carlstedt
Kan risken för spontan contortaförnygring elimineras genom hyggesbränning?
- 2009:3 Författare: Emma Kassfeldt
Susceptibility of hybrid aspen (*Populus tremula x tremuloides*) to pine twisting rust (*Melampsora pinatorqua*)
- 2009:4 Författare: Karin Nolén
Inverkan av årstid för förstagallring på avverkningsskador i contorta och tall
- 2009:5 Författare: Daniel Hägglund
Produktionseffekter och behov av dikesrensning i Sveaskogs skogar
- 2009:6 Författare: Jenny Gustafsson
Habitat and plant selection of livestock in a fire-managed Afro-alpine heathland in Ethiopia
- 2009:7 Författare: Åsa Fjellborg
Infection rate of pine twisting rust (*Melampsora pinatorqua*) in Scots pine (*Pinus sylvestris*) regeneration with retained aspen (*Populus tremula*) – evaluation of the importance of large aspen trees compared to aspen sprouts
- 2009:8 Författare: Sara M Östh
2000 years of forest dynamics in the Ecopark Raslängen, South Sweden – a basis for ecological management
- 2009:9 Författare: Erik Kretz
Traditional housing in northern Laos – wood preferences and impact on the forest biodiversity
- 2009:10 Författare: Markus Steén
Forest products and services in northern Laos – Case studies from two forest dwelling villages

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på www.seksko.slu.se