

Inverkan av beläggningsskydd mot snytbagge, *Hylobius abietis*, på skogsplantors tillväxt

Examensarbete av Carolina Sjöström,
Umeå universitet, Civilingenjörsprogrammet i bioteknik



Hylobius abietis L. Foto: Claes Hellqvist, SLU Uppsala

Innehåll

Förord	3
Summary	4
Sammanfattning	5
Inledning	6
Material och metoder	7
Plantmaterial, beläggningsskydd och initial morfologisk analys	7
RGC-odling	7
Morfologi efter RGC-odling	9
Fotosyntesmätning	9
Databehandling och statistisk analys	9
Resultat	10
Initial morfologi	10
Plantmorfologi efter fyra och åtta veckors odling i RGC	10
Täckningsgradens inverkan på nybildad skott- och rotbiomassa	11
Fotosynteskapacitet	13
Diskussion	15
Plantmorfologi och vitalitet innan experimentstart	15
Effekten av beläggningsskydd efter fyra och åtta veckor i RGC	15
Fotosynteskapacitet	16
Summering och framtidsutblick	17
Referenser	18



Förord

Upprinnelsen till detta examensarbete var ett uppdrag på Skogforsk i Sävar som utfördes i samarbete med civilingenjörsprogrammet på Umeå Universitet. Jag vill tacka mina projekthandledare Jörgen Hajek, Skogforsk, och Benedicte Albrechtsen, Umeå Universitet, för deras stöd och hjälp under hela detta projekt.

Jag vill också tacka Henrik Svennerstam och Zsofia Reka-Stangl vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) för deras bidrag, kunskap och verktyg för LI-COR-mätningar.

Slutligen vill jag tacka personalen på Skogforsk för deras stöd och välkomnande mot mig under detta projekt. Det har varit en fantastisk resa och jag är tacksam över att ha haft möjlighet att utföra detta examensarbete. Jag hoppas att mitt arbete kommer att inspirera andra i framtiden.

Sävar i mars 2020

Carolina Sjöström

Summary

Protective stem coating against the pine weevil, *Hylobius abietis*: Effect on the growth of forest plants

Master's Thesis by Carolina Sjöström

Umeå University, Master of Science Programme in Biotechnology

The pine weevil, *Hylobius abietis*, is a serious pest that can cause mortality of up to 80-90 percent in planted seedlings if the plants are not protected in some way. Greater restrictions on the use of chemicals in combination with FSC certification have, in principle, led to the phasing out of insecticides in Swedish forestry. The dominating types of protection against the pine weevil are now various types of stem coating. Stem coating is a physical barrier that is applied to the plant, with the aim of preventing the pine weevil from eating the inner bark.

Stem coating protections currently available on the market may consist of for example wax or glue in combination with particles, and can be either colourless or pigmented. Depending on how these coatings are applied in practical use, and depending on the size of the seedling, the degree of coverage varies, from a small percentage to up to 100 percent for small plants. The main aim of this master's thesis was to investigate whether such coatings can affect the development of the plant.

An experiment was set up at Skogforsk's facility in Sävar, in which spruce and pine seedlings were treated with two types of preventive coating and were compared with untreated seedlings. Various growth parameters were measured over four and eight weeks in root growth capacity (RGC), a standardised test designed to measure plant vitality and growth capacity.

The results showed that coatings had a negative impact on both shoot and root growth. It was primarily the plants with 100-percent coating that showed significantly negative effects. The pine seedlings generally reacted negatively at 50-percent coverage, but the differences to uncoated control plants were not consistently significant.

What are the factors that can cause the coating to impact the measured growth parameters? The hypothesis in this study was that the components of the coating, such as glue, wax and pigment, can affect the plant's capacity to photosynthesise. Photosynthesis measurements on pine seedlings confirmed the hypothesis, and indicate that the coating can limit photosynthesis in two ways, by acting as a barrier to light and/or gas exchange. However, it cannot be ruled out that other side-effects of the coating may also affect the plant.

The results confirm that protective stem coating against pine weevil may have a negative effect after planting. However, it is important to point out that the study was carried out in a greenhouse environment. To examine whether the same effects also occur in practical regeneration, field experiments must be set up. It is also important to remember that, even if the coating has a negative effect on plant growth in the field, to refrain from treatment of plants in this way is not an option, because mortality would otherwise be very high.

In summary, the results from this study can be seen as part of the puzzle that motivates further development of stem coatings. The results are also a good example of a sector-wide challenge, in this case damage caused by the pine weevil, and the complex relationship between the development of new technology and its effect on biology.

Sammanfattning

Snytbaggen, *Hyllobius abietis*, är en allvarlig skadegörare som efter plantering kan orsaka upp till 80–90 procents mortalitet om plantorna inte skyddas i någon form. Ökade restriktioner gällande kemikalieanvändning i kombination med FSC-certifiering har medfört att insekticider i princip fasats ut i svenskt skogsbruk och de nu dominerande formerna av snytbaggesskydd utgörs av olika typer av beläggningsskydd. Med beläggningsskydd avses en fysisk barriär som appliceras på plantan med målet att förhindra att snytbaggen äter av plantornas innerbark.

Beläggningsskydden som finns på marknaden idag består exempelvis av vax eller lim i kombination med partiklar och kan vara färglösa respektive pigmenterade. Beroende av hur dessa beläggningsskydd appliceras vid praktiskt bruk och beroende på plantstorlek kommer täckningsgraden variera, från en lägre andel upp till 100 procent för mindre plantor. Huvudfrågan för detta examensarbete var att undersöka om beläggningsskydd kan påverka plantans fortsatta utveckling. För att ta reda på det sattes ett försök upp i Skogforsks anläggning i Sävar, i vilket gran- och tallplantor med två fabrikat av beläggningsskydd jämfördes mot obehandlade plantor. I examensarbetet mättes olika tillväxtparametrar under fyra respektive åtta veckor i RGC-bord (root growth capacity), ett standardiserat test utformat för att mäta plantvitalitet och tillväxtkapacitet.

Resultaten från försöket pekar på att beläggning har en negativ inverkan på både skott- och rottillväxt. Det var primärt plantor med 100 procents täckningsgrad av beläggningsskydd som uppvisade signifikanta negativa effekter. Tallen reagerade generellt negativt även vid 50 procents täckningsgrad, men skillnaderna mot obelagd kontroll var inte genomgående signifikanta. Vad är då den eller de möjliga faktorer genom vilka beläggningsskydden inverkar negativt på de inmätta tillväxtparametrarna? Hypotesen inom ramen för detta examensarbete var att beläggningsskyddens beståndsdelar, till exempel lim, vax och pigment, kan påverka plantans möjlighet att utföra fotosyntes. Fotosyntesmätningar på tallplantor bekräftade hypotesen och indikerar att beläggningsskydd kan begränsa fotosyntesen på två olika sätt; att agera barriär för ljus och/eller gasutbyte. Att andra sidoeffekter av beläggningsskydd också inverkar på plantan kan dock inte uteslutas.

Resultaten från detta examensarbete indikerar att beläggningsskydd mot snytbagge kan ha en negativ inverkan på behandlade plantor efter plantering. Men, något som är viktigt att poängtera är att studien är utförd i växthusmiljö, så för att undersöka om samma effekter även förekommer vid praktisk föryngring måste fältförsök sättas upp. Det är också viktigt att komma ihåg att även om snytbaggesskydd skulle ha en negativ inverkan på plantans utveckling i fält, är det på många marker inget alternativ att inte behandla plantorna, eftersom avgångarna annars kan bli mycket höga. Sammanfattningsvis är resultaten från denna studie en pusselbit som motiverar fortsatt utveckling av beläggningsskydd. Resultaten är även ett bra exempel på en branschgemensam utmaning, i det här fallet skadegöraren snytbagge, och det komplexa sambandet mellan utvecklingen av ny teknologi och dess inverkan på biologin.

Inledning

Skogen och skogsindustrin hotas av många skadegörare. En av de allvarligare under föryngringsfasen är snytbaggen, *Hyllobius abietis* L. [1]. Snytbaggen livnär sig genom att äta innerbarken på barrträdsplantor [2, 3]. Skadorna snytbaggen orsakar varierar mellan nedsatt vitalitet och döda plantor, vilket i det senare fallet ofta beror på att plantan ringbarkats. Största risken för skador och avgångar är under de tre första åren efter avverkning, eftersom snytbaggetrycket är högst under denna period och plantorna fortfarande är små (framförallt större risk för ringbarkning) [4]. Skadorna snytbaggen orsakar på en nyplantering kan vara omfattande. Dödligheten i södra Sverige är upp till 80–90 procent ifall plantorna inte har någon form av skydd. Snytbaggeskador är inget nytt problem och har historiskt reducerats med insekticider. Men ökade restriktioner gällande kemikalieanvändning i kombination med FSC-certifiering har medfört att insekticider mot snytbaggar snart fasats ut i svenskt skogsbruk [3]. Den dominerande formen av snytbaggesskydd idag är olika former av beläggningsskydd. Det finns olika fabrikat av beläggningsskydd, men gemensamt för dem alla är att de består av bindemedel (lim eller vax) och partiklar, med syftet att fysiskt stoppa snytbaggen från att äta av innerbarken [4, 5]. Ett potentiellt problem med beläggningsskydden är att de vid applikation inte bara hamnar på stammen, utan även på barren i varierande utsträckning, något som i sin tur kan påverka plantan i andra avseenden, till exempel fotosyntes [4, 6]. Huvudfrågan för detta projekt var att utreda om beläggningsskydd kan inverka på parametrar som är viktiga för plantans förmåga att etablera sig i fält.

Beroende på hur stor plantan är och vilket beläggningsskydd som appliceras kommer andelen av plantan och barrbiomassan som täcks variera. I norra Sverige där plantorna generellt är mindre är det inte ovanligt att hela plantan täcks, medan det i söder är en relativt sett mindre andel. Om beläggningsskydd påverkar plantan är det även sannolikt att denna påverkan kommer stå i proportion till hur stor del av plantan som täcks (täckningsgrad). Med detta i åtanke sattes ett försök upp i vilket gran- och tallplantor med två olika fabrikat av beläggningsskydd och med 50–100 procents täckningsgrad planterades i ett så kallat RGC-test. RGC (root growth capacity) är en testbänk designad för att mäta vitaliteten hos plantpartier. I korthet innebär metoden att plantor planteras i ett specialsubstrat bestående av sand och torv och sedan odlas under standardiserade former med avseende på ljus, temperatur och bevattning [7, 8, 9, 10]. Plantorna utvärderas sedan genom att mäta rot- och skotttillväxt samt eventuella skador. Obehandlade plantor från samma partier utgjorde referenser. Efter avslutad RGC-odling utvärderades plantorna med avseende på antalet nya rötter, längd, diameter samt skottets och rotens torrsvikt. Plantorna odlades i RGC i fyra respektive åtta veckor för att avgöra när eventuella effekter av beläggningsskydd kan detekteras. Ett ytterligare experiment sattes upp för att utreda om beläggningsskydden hindrar plantornas möjlighet att utföra fotosyntes.

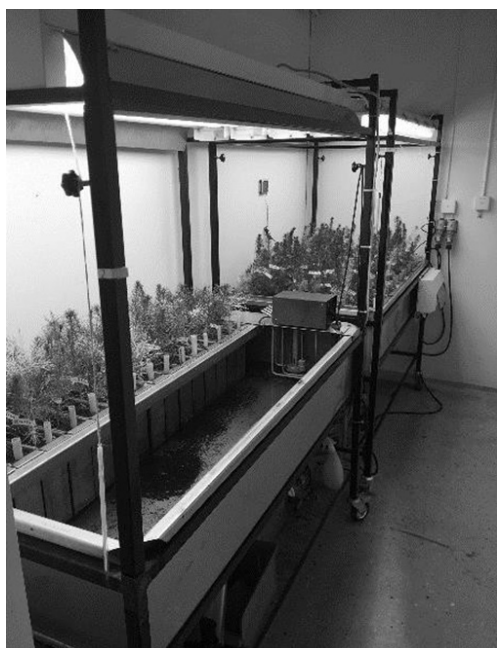
Material och metoder

PLANTMATERIAL, BELÄGGNINGSSKYDD OCH INITIAL MORFOLOGISK ANALYS

Experimenten utfördes i mars till maj 2018 på Skogforsk i Sävar. Plantmaterialet tillhandahölls från två olika leverantörer, 180 stycken ettåriga plantor från respektive leverantör. Plantleverantörerna kommer härnäst att benämnas som leverantör X och Y. Samma nomenklatur gäller för beläggningsskydden då plantorna från respektive leverantör var behandlade med beläggningsskydd av olika fabrikat. Med avseende på täckningsgrad sorterades de belagda plantorna in i två grupper; 50 procents, respektive 100 procents täckningsgrad. Täckningsgraden var en sammanvägd bedömning av andelen beläggningsskydd på stam och barr. Beroende av leverantör var plantorna som levererades till Skogforsk av olika proveniens, men var med avseende på storlek jämförbara. För att få ingångsvärden gjordes en morfologisk analys på 20 obelagda plantor av gran och tall från respektive leverantör, totalt 80 plantor. Parametrarna som mättes var skottvikt, rotvikt, stambasdiameter samt skottlängd. Dessa ingångsvärden utgjorde sedan en grund för jämförelser mot de plantor som testodlades i RGC. *Värt att notera var att tallplantorna från leverantör Y, både obelagda och belagda, var av allmänt låg vitalitet vid leverans till Skogforsk och bedömdes vara överodlade, men då inget alternativt plantmaterial fanns att tillgå användes de ändå för experimenten.*

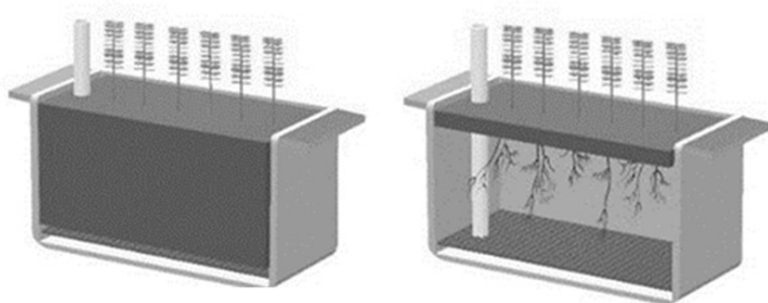
RGC-ODLING

Testodlingen av belagda plantor och obelagda kontrollplantor gjordes i så kallat RGC-bord (Figur 1). RGC-borden är utformade för optimal tillväxt och homogena förhållanden för alla plantor. RGC-bordet är i princip ett stort vattenbad tempererat till 20 °C, i vilket rektangulära odlingslådor sänks ned. Rumstemperaturen är inställd på samma temperatur som vattnet, 20 °C. Varje RGC-bord kan rymma 30 lådor och i varje låda får 6 plantor plats. Ljusarmaturer är fast monterade i RGC-borden och var inställda på 18 h dag med en ljusintensitet i plantnivå mellan 5000 och 7000 lux.



Figur 1. RGC-bord med kapacitet för upp till 30 odlingslådor.

Storleken på RGC-odlingslådorna är 35x8x25 cm och de fylldes med en blandning av torv och industrisand. Viktförhållandet mellan torv och industrisand var ca 6:4. Ett metallnät placerades några centimeter ovanför botten i RGC-lådorna för att underlätta bevattning underifrån (Figur 2).



Figur 2. Illustration av odlingslådorna för RGC-borden.

Odlingslådorna fylldes med substratblandning upp till kanten utan att packas/kompakteras.

För att undvika experimentella fel placerades de olika RGC-odlingslådorna i en randomiserad design där varje låda innehöll en planta av respektive försöksled. Se tabell 1 för försöksled och replikering. Vattning gjordes varannan dag.

Tabell 1. Antal gran- och tallplantor i respektive försöksled.

Täckningsgrad	Leverantör X			Leverantör Y		
	0 %	50 %	100 %	0 %	50 %	100 %
Skörd i 4 veckor	15	15	15	15	15	15
Skörd i 8 veckor	15	15	15	15	15	15

MORFOLOGI EFTER RGC-ODLING

Efter fyra respektive åtta veckor i RGC skördades plantorna och mättes. Till skillnad från initiala morfologiska data gjordes nu en utökad analys av plantorna med mätningar av årsskottets längd, antal nyskjutna skott, torrvikten för nyskjutna skott, antal nybildade rötter samt de nybildade rötternas torrsvikt.

FOTOSYNTESMÄTNING

För fotosyntesmätningarna planterades ett antal tallar med 100 procents täckningsgrad av beläggningsskydd X och obelagda kontrollplanter i 1-liters plastkrukor och odlades i växthus i en vecka. Odlingen skedde i 18 h ljus och vid 25 °C. Mätningarna som gjordes med en Li-Cor 6400XT kunde bara utföras på tall på grund av att mätkyvetten, ursprungligen designad för blad, kräver långa barr för att fungera [11, 12]. Fotosynteskapaciteten mättes på barr av fyra obehandlade planter och fem planter med 100 procents täckningsgrad av beläggningsskydd X. Mätningarna utfördes genom att placera barr i en mätkyvett. I denna kyvett utsattes barr för varierande ljusintensitet för att skapa en så kallad ljusresponskurva. Vid de olika ljusintensiteterna mäter apparaturen CO₂-konsumtionen och kan därigenom avgöra plantans/barrs fotosynteskapacitet per ytenhet och en ljus-responskurva kan ritas upp.

DATABEHANDLING OCH STATISTISK ANALYS

Data för de uppmätta parametrarna behandlades i Microsoft Office Excel 2010 där medelvärden beräknades. Data processades sedan i R i 386 3.4.3 programvara för att göra figurer, beräkna standardavvikelse och utföra statistiska analyser; ANOVA, R²-värden och tvåvägs Students T-test, $\alpha = 0,05$.

Resultat

INITIAL MORFOLOGI

Den morfologiska analysen visade att granplantorna från de två leverantörerna med avseende på skottet var relativt lika. Rotbiomassan för granarna från leverantör X var betydligt mindre, något som även påverkade rot/skottkvoten (Tabell 3). Ingångsvärdena för tall skiljde sig desto mer mellan leverantörerna, där plantorna från leverantör Y var jämförelsevis långa, tunna och med ett litet rotsystem.

Tabell 3. Morfologisk grundanalys av obelagda tall- och granplantor från leverantör X och Y. Parametrarna är redovisade som medelvärden $\pm$ standardavvikelse.

Leverantör	Skottlängd (cm)	Stamdiameter (cm)	Torrsvikt (g)	Torrsvikt (g)	Rot/skottkvot
X, gran	26,4 $\pm$ 0,8	0,30 $\pm$ 0,08	2,34 $\pm$ 0,13	0,47 $\pm$ 0,03	0,20 $\pm$ 0,01
Y, gran	24,0 $\pm$ 0,6	0,35 $\pm$ 0,10	2,12 $\pm$ 0,11	0,99 $\pm$ 0,07	0,47 $\pm$ 0,02
X, tall	12,1 $\pm$ 0,4	0,31 $\pm$ 0,10	2,19 $\pm$ 0,14	0,74 $\pm$ 0,06	0,34 $\pm$ 0,01
Y, tall	20,5 $\pm$ 0,8	0,24 $\pm$ 0,05	0,93 $\pm$ 0,06	0,26 $\pm$ 0,02	0,29 $\pm$ 0,02

PLANTMORFOLOGI EFTER FYRA OCH ÅTTA VECKORS ODLING I RGC

Med avseende på skottskjutning uppmättes inga signifikanta skillnader mellan fyra och åtta veckor för vare sig gran eller tall (Tabell 4). För antal nybildade rötter föll ett antal försöksled ut som signifikant skilda med generellt fler rötter efter åtta veckor. Resultaten pekar också på en negativ effekt av beläggningsskydd på skottskjutning och nya rötter. Dock gjordes ingen statistisk analys i detta avseende.

Tabell 4. Antal skjutna skott och nybildade rötter (medelvärden) efter 4 och 8 veckors odling i RGC. Angivet p-värde grundar sig på T-test som jämför 4 och 8 veckors odling i RGC, $\alpha = 0,05$. Signifikanta skillnader är markerade med kursiv fet stil.

Gran:						
Leverantör/ täckningsgrad	Antal skjutna skott			Antal nybildade rötter		
	4 veckor	8 veckor	p-värde	4 veckor	8 veckor	p-värde
X, kontroll	13,9	15,4	0,29	41,3	52,1	0,19
X, 50 %	14,9	14,9	0,96	41,5	55,7	0,07
X, 100 %	9,8	10,3	0,51	27,9	22,5	0,17
Y, kontroll	14,1	14,1	0,95	17,8	20,1	0,46
Y, 50 %	12,7	13,0	0,79	17,1	25,8	0,03
Y, 100 %	11,3	11,5	0,86	7,9	14,3	0,01

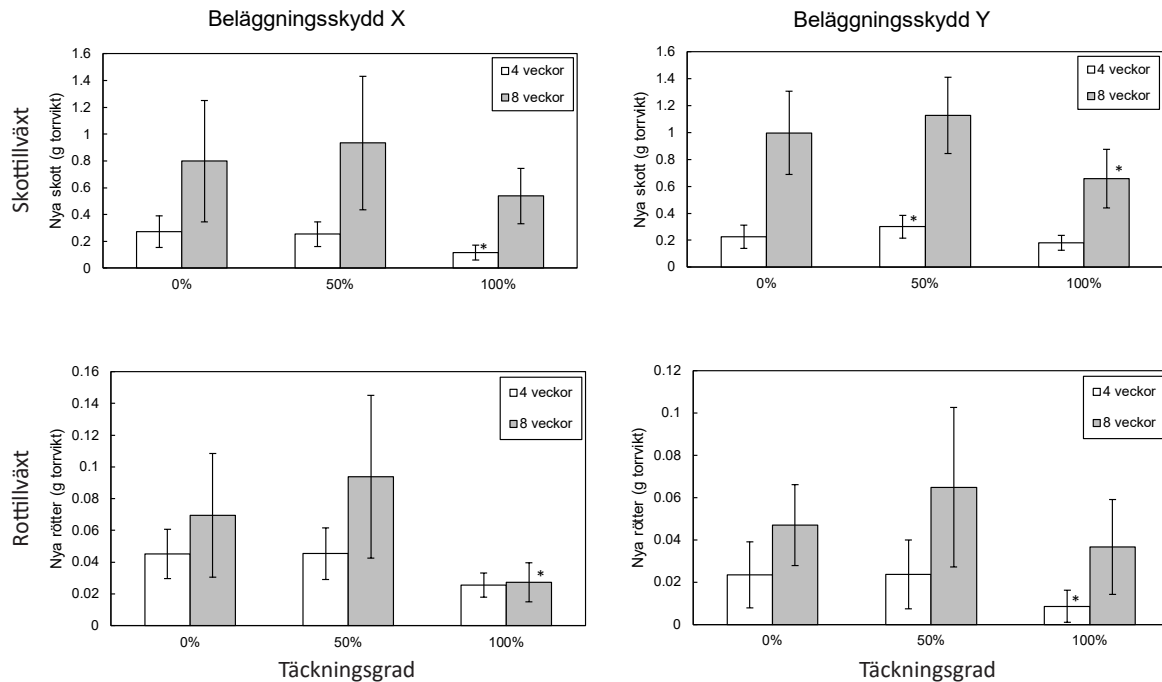
Tall:						
Leverantör/ täckningsgrad	Antal skjutna skott			Antal nybildade rötter		
	4 veckor	8 veckor	p-värde	4 veckor	8 veckor	p-värde
X, kontroll	3,8	4,1	0,52	31,2	69,5	0,002
X, 50 %	3,0	3,1	0,72	29,7	40,7	0,140
X, 100 %	2,8	2,7	0,83	13,7	9,5	0,330
Y, kontroll	1,5	1,5	1,00	13,9	28,8	0,011
Y, 50 %	0,9	0,9	1,00	0,9	14,7	0,009
Y, 100 %	0,9	0,9	1,00	1,6	12,3	0,002

TÄCKNINGSGRADENS INVERKAN PÅ NYBILDAD SKOTT- OCH ROTBIOMASSA

En annan aspekt som undersöktes i RGC-experimentet var i vilken utsträckning täckningsgraden påverkar biomassatillväxten av skott och rot. Resultaten stärker den bild som analysen av antal skjutna skott och nybildade rötter målade upp, det vill säga att framförallt hög täckningsgrad inverkar negativt på både granens och tallens förmåga att investera i skott- och rottillväxt (Figur 3 och 4).

För gran resulterade 50 procents täckningsgrad (oavsett beläggningsskyddets fabrikat och odlingstid i RGC) inte i lägre skott- och rotbiomassa (Figur 3). Granplantor med 50 procents täckningsgrad av beläggningsskydd Y uppvisade till och med en signifikant högre skottbiomassa efter fyra veckor i RGC. För gran med 100 procents täckningsgrad föll ett antal behandlingskombinationer ut med signifikant mindre skott- eller rotbiomassa jämfört med obehandlad kontroll och för övriga behandlingskombinationer observerades en negativ trend, om än inte signifikant.

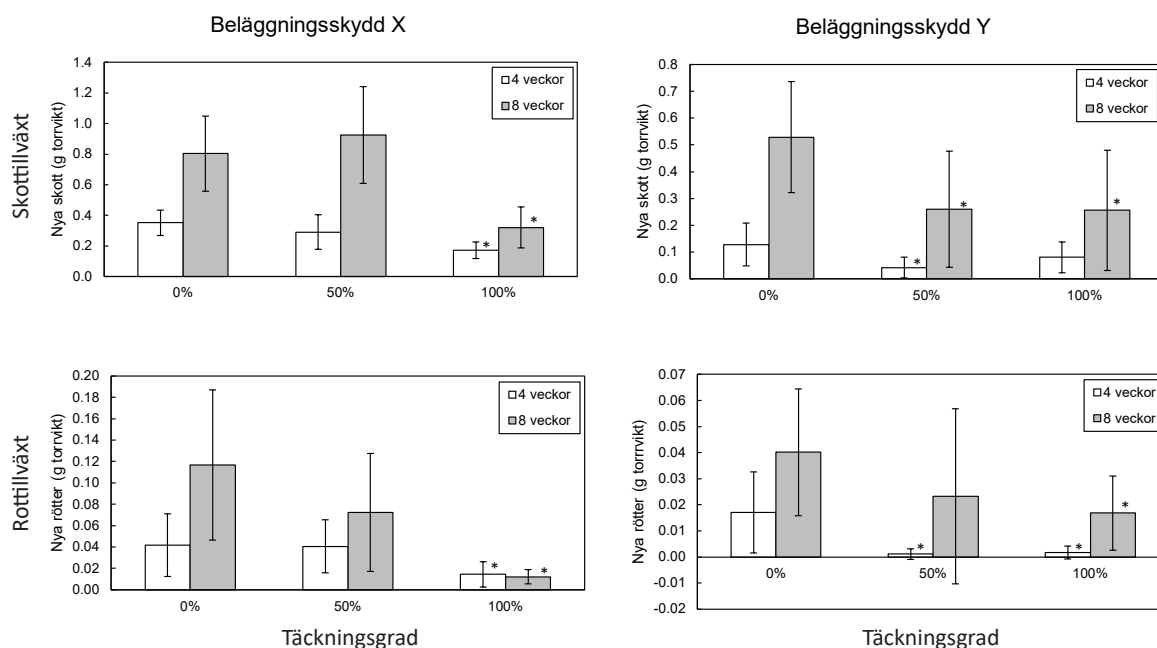
Gran



Figur 3. Nybildning av skott- och rotbiomassa för gran efter fyra respektive åtta veckors tillväxt i RGC. Statistiska skillnader mot obelagd kontroll för fyra eller åtta veckors odling beräknades med T-test, $\alpha = 0,05$ och är markerade med * ovan respektive stapel. Felstaplar anger standardavvikelse.

För tallen var bilden något mer splittrad, troligtvis på grund av att plantorna med beläggningsskydd Y var i dåligt skick redan innan odling i RGC, vilket i sin tur kan förklara den dåliga tillväxten och höga variationen (Figur 4). Tallplantorna med beläggningsskydd X klarade 50 procents täckningsgrad utan signifikant nedsättning av skott- eller rottillväxt, medan 100 procents täckningsgrad hade en signifikant negativ inverkan på dessa parametrar oavsett odlingstid i RGC. För plantor med beläggningsskydd Y har odlingstiden i RGC haft stor inverkan på resultaten med dålig eller obefintlig skott- och rottillväxt för 50 och 100 procent belagda tallplantor efter fyra veckor. Vid åtta veckor förefaller plantorna med beläggningsskydd Y ha kommit igång då alla försöksled uppvisar en betydligt större biomassa. Sammantaget bekräftar detta de iakttagelser som indikerade att tallpartiet med beläggningsskydd Y var i dåligt skick vid leverans. Men, oavsett initial vitalitet uppvisar tallplantorna med beläggningsskydd Y i de flesta jämförelser signifikant sämre tillväxt än obehandlad kontroll från samma plantparti.

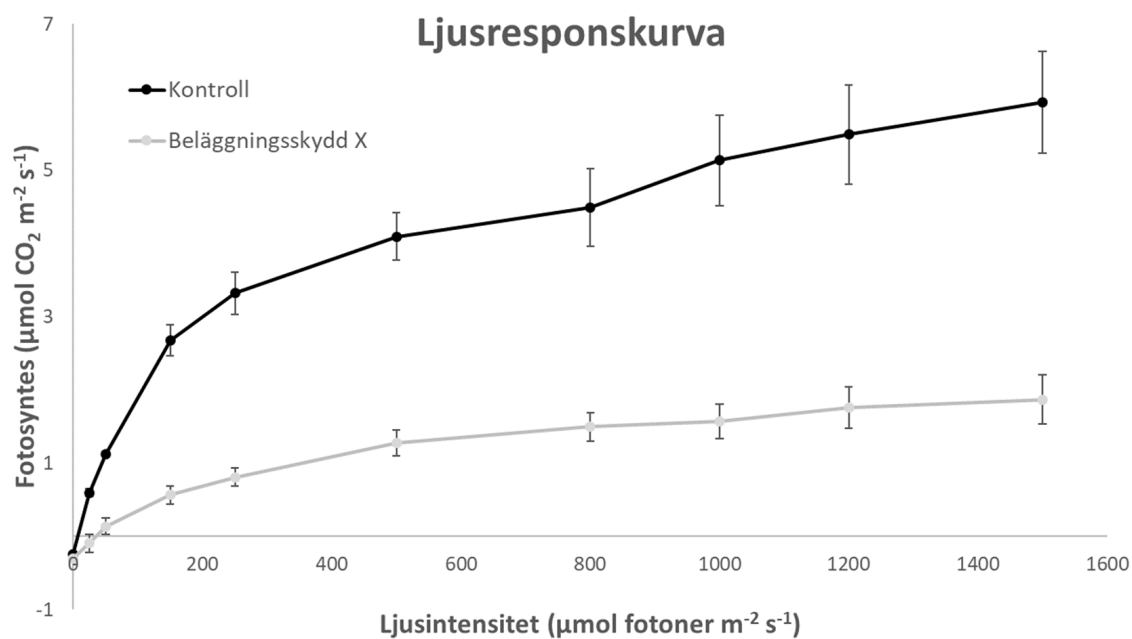
Tall



Figur 4. Nybildning av skott- och rotbiomassa för tall efter fyra respektive åtta veckors tillväxt i RGC. Statistiska skillnader mot obelagd kontroll för fyra eller åtta veckors odling beräknades med T-test, $\alpha = 0,05$ och är markerade med * ovan respektive stapel. Felstaplar anger standardavvikelse.

FOTOSYNTESKAPACITET

För att avgöra om plantans fotosynteskapacitet påverkas av att barren är täckta med beläggningsskydd sattes ett experiment upp där barrns fotosynteskapacitet mättes. I testet utsattes belagda respektive obelagda barr för olika ljusintensiteter och med CO_2 -konsumtion som proxy beräknades fotosynteskapaciteten vid en viss ljusintensitet. Resultatet är en ljusresponskurva i vilken fotosyntesen plottas mot ljusintensitet. I experimentet jämfördes enbart barr på tallplantor med beläggningsskydd X mot barr på obehandlad kontroll. De respektive försöksledens ljus-responskurvor pekar på en avsevärt lägre fotosynteskapacitet för plantorna med 100 procents beläggningsgrad (Figur 5). Ett intressant resultat är att den procentuella skillnaden i fotosyntes inte är jämn över de testade ljusintensiteterna, utan är som störst vid lägre ljusintensitet och vice versa (Tabell 4), något som indikerar att beläggningsskydd X primärt begränsar ljusinstrålningen.



Figur 5. Ljusresponskurvor för barr på obelagda kontrollplantor respektive barr på plantor med beläggningsskydd X. Felstaplar anger standardavvikelse.

Tabell 4. Medelvärden för fotosyntes vid olika ljusintensitet för obelagda barr och barr med beläggningsskydd X. I sista kolumnen anges fotosyntesen som procentuell andel av obelagd kontroll.

Ljusintensitet	Fotosyntes kontroll	Fotosyntes 100 % täckningsgrad	% av kontroll
(μmol fotoner m ⁻² s ⁻¹)	(μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)		
0	-0,2	-0,3	> 0
25	0,6	-0,1	> 0
50	1,1	0,1	12,1
150	2,7	0,6	21,2
250	3,3	0,8	24,4
500	4,1	1,3	31,1
800	4,5	1,5	33,3
1000	5,1	1,6	30,6
1200	5,5	1,8	32,1
1500	6,0	1,9	31,6

Diskussion

Syftet med detta projekt var att undersöka om beläggningsskydd mot snytbagge kan inverka på en gran- eller tallplantas förmåga att etablera sig efter plantering. Resultaten pekar på att det också finns en koppling mellan beläggningsskydd, särskilt vid hög täckningsgrad, och en minskad kapacitet för skott- och rottillväxt. Mätningar visar även att en minskad fotosynteskapacitet i alla fall är en delförklaring till varför de belagda plantorna växer sämre.

PLANTMORFOLOGI OCH VITALITET INNAN EXPERIMENTSTART

Granpartierna hade förhållandevis lika morfologi innan experimentstart, medan tallpartierna skiljde sig mer, framförallt hade plantorna med beläggningsskydd nummer två svaga rotsystem och var av allmänt låg vitalitet. Oavsett initial morfologi och vitalitet är det ändå svårt att jämföra plantor från olika leverantörer och med olika fabrikat av beläggningsskydd. Därför kommer fokus i diskussionen att vara på effekten av täckningsgrad inom samma plantparti och beläggningsskyddsfabrikat.

EFFEKTEN AV BELÄGGNINGSSKYDD EFTER FYRA OCH ÅTTA VECKOR I RGC

En del i studien var att undersöka hur lång tid det kan ta innan eventuella effekter av beläggningsskydd ger sig till känna. Av den anledningen analyserades plantor efter en odlingstid på fyra respektive åtta veckor i RGC. Resultaten visar att signifikanta skillnader registrerades i vissa fall efter fyra veckor, i några andra fall efter åtta veckor och ibland föll både fyra och åtta veckors jämförelsen ut som signifikant skilda från obehandlad kontroll. Det är med andra ord svårt att avgöra om avläsning vid fyra alternativt åtta veckor är att föredra vid denna typ av studie. Sedan är frågan hur responsen ser ut i fält? Med de, i jämförelse med RGC, högre ljusintensiteter som råder i fält är det tänkbart att effekten av belagda barr blir mindre och att plantorna då även får en större möjlighet att skjuta mer ny skottbiomassa än vad resultaten från RGC i denna rapport beskriver.

Med avseende på täckningsgrad orsakade 50 procents beläggning ingen större nedsättning av plantornas förmåga att bilda nya rötter och skott. Undantaget är tallarna med beläggningsskydd Y som uppvisade en svag skotttillväxt och i princip obefintlig rottillväxt vid 50 procents täckningsgrad, något som tyder på att plantor med redan nedsatt kapacitet/vitalitet kan vara mer känsliga för effekterna av beläggningsskydd. Vid 100 procents täckningsgrad var nedsättningen av skott- och rottillväxt markant för alla försöksled, om än inte statistiskt signifikant lägre i alla jämförelser. Ett sätt att tolka dessa data är att små plantor, som erfarenhetsmässigt mer ofta får en hög täckningsgrad av beläggningsskydd, löper större risk för nedsatt vitalitet och etableringsförmåga efter plantering i fält än stora plantor. Gränsdragningen mellan små och stora plantor är dock svår att göra i vårt avlånga land, men man kan anta att de minsta plantsortimenten i norr är de som riskerar att drabbas hårdast av hög täckningsgrad.

En observation som gjordes för både gran och tall med 100 procents täckning av beläggningsskydd X var att majoriteten av plantorna inte förmådde växa upprätt, utan lutade kraftigt. Tyvärr kvantifierades inte detta fenomen, men om samma sak sker efter plantering i fält är det inte bra. Orsaken till att plantorna inte förmådde växa upprätt kan vara flera, till exempel att plantorna fokuserar på skotttillväxt istället för diametertillväxt och därigenom blir instabila. En annan möjlig faktor är att beläggningsskydden i sig gör skotten tyngre, vilket i sin tur gör plantorna mindre stabila.

FOTOSYNTESKAPACITET

Mätningarna av fotosynteskapacitet visar att beläggningsskydd kan påverka plantans möjlighet att utföra fotosyntes, något som i alla fall utgör en delförklaring till varför plantorna med hög täckningsgrad uppvisar försämrad skott- och rottillväxt i RGC. Orsaken till att fotosyntesen begränsas av beläggningsskydd X är till stor del en effekt av minskad ljusinstrålning, eftersom den procentuella skillnaden i fotosyntes minskade mot högre ljusintensitet. Men i ett mindre test med ytterligare ett fabrikat av beläggningsskydd (data visas ej) var förhållandet det omvända, det vill säga den procentuella skillnaden var som minst vid låg ljusintensitet, vilket indikerar att fotosyntesen främst begränsades av gasutbyte. Detta innebär att beläggningsskydd kan begränsa fotosyntesen via två olika mekanismer; genom att 1) minska ljusinstrålningen och 2) begränsa gasutbytet. Oavsett mekanism är effekten lika allvarlig, då plantan efter plantering är beroende av en fungerande fotosyntes för att skapa energi för metabolism och bygga ny biomassa. Man kan även spekulera att en allvarlig störning av fotosyntesen stör andra processer i plantan, till exempel barrfällning och att plantan "tvingas" att satsa mer resurser på skottsträckning för att kompensera för fotosyntesbortfallet i den befintliga barrmassan.

Tyvärr kunde bara fotosyntesmätningarna göras för tall med beläggningsskydd X, men en minskning av fotosynteskapaciteten med ca 70 procent vid de högre ljusintensiteterna ($250\text{--}1500\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$; representativt för svensk sommar) kan utgöra ett allvarligt problem för etablering efter plantering i fält. Ljusintensiteten under odlingen i RGC var dock betydligt lägre: $100\text{--}130\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$. Man ska dock vara tydlig med att tillväxtminskningen som beläggningsskydden orsakade i RGC-testet inte behöver vara helt representativ för plantor planterade i fält.

Summering och framtidsutblick

Sammantaget visar data från detta examensarbete att beläggningsskydd kan ha en negativ inverkan på gran- och tallplantors förmåga att etablera sig och att minskad fotosyntes till följd av beläggning av barren är en trolig orsak till de observerade negativa effekterna. Å andra sidan, även om experimenten pekar på att beläggningsskydd kan ha en negativ inverkan, ska man vara medveten om att det på många lokaler i Sverige inte är ett alternativ att inte behandla mot snytbagge eftersom plantmortaliteten skulle nå oacceptabla nivåer. Samtidigt kan man konstatera att det finns utvecklingspotential för beläggningsskydden, särskilt om precisionen i applikationsprocessen kan ökas, så att framförallt stammen täcks och att barren hålls rena från beläggningsskydd.

Baserat på resultaten i denna studie har Skogforsk startat ett större försök för att undersöka effekten av beläggningsskydd på plantor i fält. Denna studie kommer också att undersöka om gödsling vid planteringstillfället kan kompensera för eventuella negativa effekter av beläggningsskydd. Resultaten från detta försök kommer under hösten 2020. En annan aspekt som vore intressant att undersöka är huruvida plantor i aktiv tillväxt och plantor i vila reagerar olika på beläggningsskydd vid plantering. Samma jämförelse vore också intressant att göra med vår- respektive höstplanterade plantor.

Referenser

- [1] Nordlander G., Nordenhem H., & Hellqvist C. 2009. A flexible sand coating (Conniflex) for the protection of conifer seedlings against damage by the pine weevil *Hylobius abietis*, Agricultural and Forest Entomology, 11, 91–100, DOI: 10.1111/j.1461- 9563.2008.00413.x.
- [2] Wainhouse, D., Boswell R., & Ashburner R. 2004. Maturation feeding and reproductive development in adult pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae), Bulletin of Entomological Research, 94, 81–87.
- [3] The Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry (KSLA). 2015. Forest and Forestry in Sweden.
- [4] Nordlander G., Mason E.G., Hjelm K., & Nordenhem H., Hellqvist C. 2017. Influence of climate and forest management on damage risk by the pine weevil *Hylobius abietis* in northern Sweden. Silva Fennica vol. 51 no. 5 article id 7751. <https://doi.org/10.14214/sf.7751>.
- [5] Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Department of Ecology, Uppsala, Sweden. 2017. Skydd av plantor. Retrieved October 23, 2018, from Web site: <http://snytbagge.slu.se/plantskydd.php>.
- [6] Nordlander G., Hellqvist C., Johansson K. & Nordenhem H. 2011. Regeneration of European boreal forests: Effectiveness of measures against seedling mortality caused by the pine weevil *Hylobius abietis*, Scandinavian Journal of Forest Research, 32:1, 60-67, DOI: 10.1080/02827581.2016.1186220.
- [7] Sutton R. F. 1983. Root growth capacity: relationship with field root growth and performance in outplanted jack pine and black spruce, Plant and Soil 71, 111 122.
- [8] Burdett, A. N. 1979. New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. Can. J. Forest Res. 9: 63–67.
- [9] Ritchie G. A. & Dunlap J. R. 1980. Root growth potential: its development and expression in forest tree seedlings, New Zealand Journal of Forestry Science 1980 Vol.10 No.1 pp.218-248 ref.170.
- [10] Burdett, A. N. 1987. Understanding root growth capacity: theoretical considerations in assessing planting stock quality by means of root growth tests, Canadian Journal of Forest Research, 1987, 17(8): 768-775, <https://doi.org/10.1139/x87-123>.
- [11] LI-COR® Inc. 2018. LI-6400XT system, Retrieved October 24, 2018, from Web site: <https://www.licor.com/documents/ifuhfcjgaowvh94lkysz>.
- [12] Peri P. L., Moot D. J., & McNeil D. L. 2005. Modelling photosynthetic efficiency (α) for the light-response curve of cocksfoot leaves grown under temperate field conditions, Europ. J. Agronomy 22, 277–292.