



Effekter på barrplantors rot- och skotttillväxt efter sju veckors odling med tillförsel av oorganiskt respektive organiskt kväve

Effects on root and shoot growth of conifer seedlings after seven weeks of cultivation with supply of inorganic or organic nitrogen

BEATRICE LIND

MIKAELA KILBERG



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2021:20

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Effekter på barrplantors rot- och skotttillväxt efter sju veckors odling med tillförsel av oorganiskt respektive organiskt kväve

Effects on root and shoot growth of conifer seedlings after seven weeks of cultivation with supply of inorganic or organic nitrogen

Beatrice Lind

Mikaela Kilberg

Handledare: Elisabeth Wallin och Daniel Gräns, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Johan Törnblom, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: EX0938

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2021

Omslagsbild: Foto av plantförsökets ena RGC-bad under odlingsperioden. Foto: Mikaela Kilberg

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2021:20

Nyckelord: gödsling, aminosyror, arginin, RGC-bad



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Genom att styra tillförseln av olika näringsämnen kan skogsplantors tillväxt och kvalitet påverkas. Det näringsämne som behöver tillsättas i störst mängd är kväve.

Växters förmåga att tillgodogöra sig organiskt kväve har länge varit känt men det är inte förrän på senare år studier visat att detta antagligen spelar större roll för växter än vad man tidigare trott. Olika studier har bland annat visat att skogsplantor som gödslats med aminosyran arginin från fröstadie fått högre torrvikter, haft en högre kvävekoncentration i barren samt ett större rotsystem jämfört med plantor som gödslats med oorganiskt kväve.

Huvudsyftet med detta försök var att undersöka och jämföra rottillväxten när konventionellt producerade ettåriga tall- och granplantor efter vinterns fryslagring testodlades inomhus med samma mängd tillfört kväve, antingen i oorganisk eller i organisk form. För detta användes två på marknaden tillgängliga gödselmedel. Även data om plantornas stamdiametertillväxt, toppskottstillväxt och toppskottsbiomassa samlades in. Dessutom genomfördes en totalkväveanalys på toppskottsbarren.

Våra resultat visade att kvävehalterna i barren för de gödslade försöksleden för de respektive trädslagen var på liknande nivåer men lägre för ogödslade kontrollplantor. För samtliga övriga parametrar för båda trädslagen hade, efter sju veckor, plantorna som gödslats med oorganiskt kväve högre medelvärden än plantorna som gödslats med organiskt kväve. Rottillväxten hos plantorna som gödslats med organiskt kväve hade i genomsnitt lägre torrvikter än kontrollplantorna som inte gödslats. Möjliga förklaringar till dessa resultat kan vara kopplade till försökets korta odlingsperiod, att plantorna föredragit kväveformen de tidigare fick i plantskolan, odlingssubstratets sammansättning samt att odlingssubstratet i vissa RGC-lådor varit blötare än önskat.

En slutsats vi kan dra av denna studie är att plantorna efter sju veckors odling hade liknande kvävekoncentrationer i barren oavsett om de under odlingsförsöket gödslats med organiskt kväve eller med oorganiskt kväve. Fortsatta försök bör utföras där plantor används som gödslats med respektive kväveform redan från frösådd samt därefter ges olika gödselgivor för att undersöka om skillnader uppstår efter plantering.

Nyckelord: gödsling, aminosyror, arginin, RGC-bad

Abstract

Controlling the supply of various nutrients is one way of influencing the growth and quality of forest plants. Nitrogen is the nutrient that needs to be added in the largest amount.

The ability of plants to assimilate organic nitrogen has long been known, but it is not until recent years that studies have shown that it probably plays a greater role for plants than previously thought. Various studies have shown that forest plants fertilized with the amino acid arginine from the seed stage had higher dry weights, had a higher nitrogen concentration in the needles and a larger root system compared to plants fertilized with inorganic nitrogen.

The main purpose of this study was to investigate and compare the root growth of one-year-old conventionally cultivated, frozen stored Scots pine and Norway spruce seedlings following test cultivation indoors with the same amount of either inorganic or organic nitrogen. For this purpose, two types of commercially available fertilizers were used. Data on stem diameter growth of the plants, shoot growth and shoot biomass were also collected. In addition, analysis of total nitrogen content was performed on the shoot needles.

Our results showed that, after seven weeks of cultivation, the nitrogen levels in the needles of the plants fertilized with the two kinds of nitrogen were at similar levels for both tree species but lower in the non-fertilized controls. For all the other parameters and both tree species, the plants fertilized with inorganic nitrogen had higher mean values than the plants fertilized with organic nitrogen. The root growth of the plants fertilized with organic nitrogen also had lower average dry weights than the non-fertilized control plants. Possible reasons behind these results may be the limited time of cultivation, that plants may have preferred the form of nitrogen they had received in the nursery, the properties of the used growth substrate and that the growth substrate in some cases contained more water than desired.

One conclusion from this study was that the plant needles after seven weeks of test cultivation had similar levels of nitrogen regardless of whether the used fertilizer contained organic nitrogen or inorganic nitrogen. Further studies should be conducted to compare possible differences in the effects of additional nitrogen in each form for both plants previously adapted to organic fertilizers and plants adapted to inorganic forms of fertilizers. These studies should also include various doses of nitrogen.

Keywords: fertilization, amino acids, arginine, RGC unit

Förord

Vi vill först och främst tacka våra handledare vid SLU Skogsmästarskolan, Elisabeth Wallin och Daniel Gräns för ovärderlig hjälp och stöttning under arbetets gång. Vi vill också tacka Anders Lindström som varit med och utformat idén bakom försöket. Dessutom vill vi tacka de företag som på olika sätt sponsrat oss med material till försöket: Svenska Skogsplantor (Kilåmons plantskola), Stora Enso Plantor AB (Sör Amsbergs plantskola), Hasselfors Garden AB samt Arevo.

Även Tommy Abrahamsson och Torgny Söderman ska ha tack för hjälp med temperaturkontroller under odlingsförsöket. Vi tackar också alla inblandade för de olika överraskningarna som vi har fått under arbetets gång som bidragit med både motivation och skratt.

Beatrice Lind
Mikaela Kilberg

Skinnskatteberg juni 2021

Innehåll

<u>INLEDNING.....</u>	<u>1</u>
KVÄVE I BOREAL SKOG	1
GÖDSLING AV SKOGSPANTOR	3
METODER	3
EFFEKTER PÅ BARRPLANTOR AV TILLFÖRT KVÄVE	3
SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING	4
<u>MATERIAL OCH METOD</u>	<u>6</u>
PLANTMATERIAL	7
FÖRSÖKET	7
GÖDSELMEDEL.....	8
TILLFÖRSEL AV GÖDSEL	8
MÄTNINGAR	9
ROTTILLVÄXT	9
KVÄVEHALT	9
TOPPSKOTTSBIOMASSA.....	9
TOPPSKOTTSLÄNGD.....	9
ROT/SKOTTKVOT	9
STAMDIAMETER	10
KONDUKTIVITET I ÖVERSKOTTSVATTNET.....	10
STATISTISKA ANALYSER	10
<u>RESULTAT</u>	<u>11</u>
<u>DISKUSSION</u>	<u>15</u>
SLUTSATSER OCH VIDARE FORSKNING	17
<u>REFERENSER.....</u>	<u>19</u>

Inledning

Växter behöver både makronäringsämnen och mikronäringsämnen för att kunna upprätthålla fotosyntes och vattenbalans, samt för att bygga membran och cellväggar (Rytter 2007). Genom att styra tillförseln av olika näringsämnen kan skogsplantors tillväxt och kvalitet påverkas (Ericsson et al. 2013).

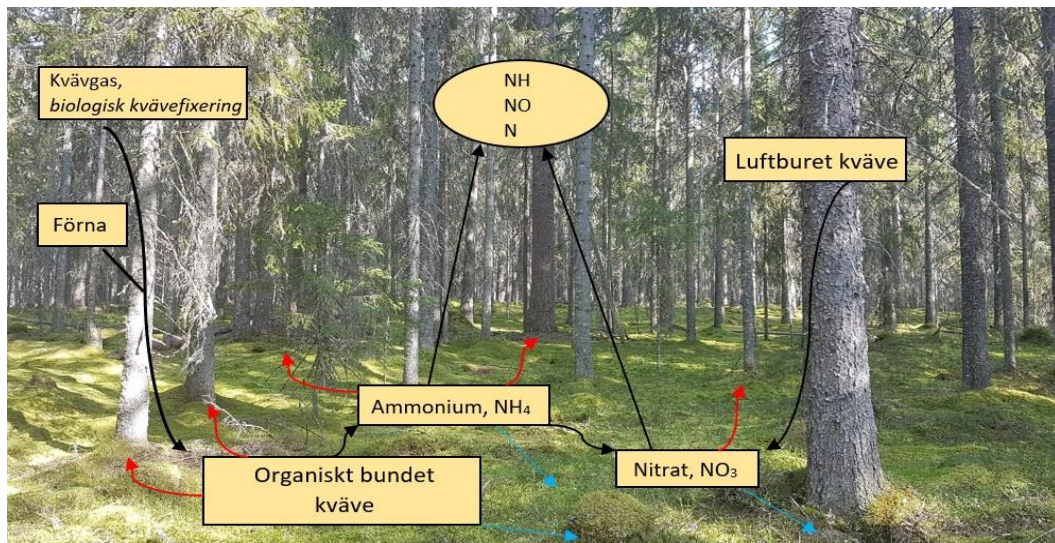
Ingestad (1962) utförde studier där olika makronäringsämnen tillfördes i samband med odling av tall-, gran- och björkplantor för att undersöka vilka mängder som var lämpliga. Ämnet som det behövde tillsättas mest av var kväve och därefter, i fallande ordning, kalium, fosfor och kalcium/magnesium/svavel (ibid.). Som ett resultat av Ingestads (1962) studier finns det idag rekommendationer gällande de doser av olika näringsämnen som kan användas i skogsplantaskolor oavsett trädslag (Wennström et al. 2016). Eftersom det är kväve som behöver tillsättas i störst mängd så proportioneras normalt alla andra näringsämnen utifrån mängden tillsatt kväve (ibid.).

Kväve är ett av våra vanligaste grundämnen och finns naturligt i luften, huvudsakligen i form av kvävgas (N_2), och i marken främst bundet till organiskt material (Andersson et al. 2017). Växterna kan inte ta upp kväve i form av N_2 och kvävet i organiskt material är också otillgängligt för växterna fram tills markorganismer har brutit ner det till organiska föreningar av kväve som är möjligt för växter att ta upp. På grund av bristen på tillgängligt kväve i skogsmark kan virkesproduktionen påverkas negativt (ibid.).

Kväve i boreal skog

Kvävgasen från atmosfären fixeras med hjälp av bakterier som lever fritt i mark och vatten (Andersson et al. 2017). I boreal skog är de mest betydelsefulla kvävefixerarna cyanobakterier som utvecklade symbioser med husmossor och väggmossor (ibid.). Speciellt viktig är cyanobakterien ”*Stigonema*” som står för det mesta av kvävefixeringen (Warshan et al. 2016). Bakterierna bildar knölar på växternas rötter där de kan ta del av fotosyntesprodukter från växterna och växterna får kväve tillbaka (Andersson et al. 2017). De kvävefixerande bakterierna bryter ned N_2 och det omvandlas till ammoniumjoner (NH_4^+) som kan tas upp av växterna (Figur 1). När det finns mycket syre i marken kan ammoniumjonerna genomgå en nitrifikation i två steg och omvandlas först till nitritjoner (NO_2^-) och sedan nitratjoner (NO_3^-) som kan tas upp av växter. Nitratjoner i marken kan också komma från blixtnedslag som oxiderat kvävgas i luften, som sedan omvandlats till nitratjoner och med hjälp av regnet kommit ner i marken. Kväveföreningar från mänsklig aktivitet har också gjort att det skett ett tillskott av markkväve på senare tid. Är tillgången på syre låg samtidigt som tillgången på energirikt organiskt material är hög kan nitratjonerna denitrifieras och ombildas till kväveoxid (NO) och kvävgas (N_2) som återvänder upp till luften. Kväve i form av NH_4^+ och NO_3^- kallas även oorganiskt kväve (ibid.).

Om kvävepartiklarna inte tas upp av några växter eller mikroorganismer i marken finns det risk för att de utlakas och följer med markvattnet vidare och försvinner. Störst risk är det att nitratjonerna utlakas eftersom de är negativt laddade. I boreal skogsmark finns ett överskott av negativt laddade markpartiklar från bland annat humussyror och kolloider. Överskottet leder till att de negativa partiklarna är mer lätttrörliga och lättare kan försvinna bort med vattnet. Om tillgången på markkväve är begränsad i skogsmarken tar träden upp det mesta kvävet som är tillgängligt och därmed blir läckagen därifrån oftast små (Andersson et al. 2017).



Figur 1. Förenklad bild över kvävetets kretslopp i boreal skogsmark. Röda pilar visar upptaget av de olika kväveformerna av trädens rötter. De blå pilarna visar vart kväve utlakas och försvinner bort från skogsmarken (Illustration: Mikaela Kilberg)

På 1940-talet genomfördes studier som visade att växter kan tillgodogöra sig kväve i organisk form som aminosyror (Virtanen & Linkola 1946). I senare studier drogs slutsatser att upptaget av organiskt kväve antagligen spelade en större roll för växterna än vad man tidigare trott (Ruess et al. 1996). Flertalet studier utförda i fält har visat att olika växtarter kan ta upp hela molekyler av aminosyror som sedan utgör en direkt källa till kväve (Chapin et al. 1993, Kielland 1994, Näsholm et al. 1998, 2000, Raab et al. 1999, Persson & Näsholm 2001, 2003).

Processen att mineralisera det i organiskt material bundna kvävet är mycket tidskrävande enligt Tamm (1991). Proteinet i organiskt material måste brytas ned i peptider innan det kan transporteras in i celler (Anraku 1980). Aminosyror tas däremot snabbt upp (Jones & Kielland 2002) direkt av cellerna med hjälp av speciella transportörer (Anraku 1980).

Gödsling av skogsplantor

Metoder

Två metoder för att tillföra näringsämnen i skogsplantskolor sammanfattades av Rytter (2007). Den linjära metoden innebär en konstant näringstillförsel där samma dos per tidsenhet tillsätts under hela växtsäsongen. Tillväxtanpassad gödsling är en senare utvecklad metod där man tar hänsyn till plantornas förmåga att ta upp den näring som tillförs. Ingestad (1962) visade att en tillväxtanpassad gödsling tillgodosåg plantornas varierade behov av näringsämnen under olika delar av växtsäsongen i plantskolan. Enligt Rytter (2007) krävs dock en god kunskap om plantornas utveckling alternativt en noggrann uppföljning av ledningstalet i vattnet från odlingssubstratet för att denna metod ska ge bästa resultat. Ledningstalet ger ett mått på hur mycket fria näringsämnen (joner) som finns tillgängliga för plantorna. Enligt Rytter (2007) bör ledningstalet ligga på en jämn nivå för att indikera en konstant näringstillgång. Vidare beskrevs av Rytter (2007) svårigheterna med att identifiera en lämplig nivå. Ett ledningstal på 2 mS/cm^{-1} angavs indikera en näringstillgång långt över plantornas behov (ibid.) medan ledningstal uppemot 3,0 mS/cm^{-1} ökar risken för övergödning (Wennström et al. 2016). Rytter (2007) skriver dessutom att risken för läckage av näringsämnen ökar vid höga ledningstal. Ledningstalet ger inte heller något mått på hur mycket av jonerna som kommer från den tillförda näringen eller vilka ämnen som läckt ut.

Effekter på barrplantor av tillfört kväve

Studier av effekterna i samband olika gödslingsprogram med kväve har tidigare visat att plantornas höjd, skott- och rotvikt kan påverkas (Ackzell 1986). Vid försök där plantor gödslats med gödselmedel innehållande oorganiskt kväve resulterade en konstant tillförsel under växtperioden i hämmad rottillväxt men större skotttillväxt jämfört med övriga försöksled. Genom att göra uppehåll i gödslingsprogrammet kunde rottillväxten stimuleras samtidigt som skotttillväxten hämmades. Rytter (2007) angav att en anledning till rötternas hämmade tillväxt vid gödsling kunde vara att plantorna inte behövde leta efter näring i samma utsträckning och därmed prioriterades inte en ökad rottillväxt.

En studie av sådda tallplantor i laboratorium visade att dessa föredrog ammonium- och argininkväve jämfört med nitratkväve (Gruffman et al. 2014). En jämförande studie utförd i växthus av Öhlund och Näsholm (2002) på tallplantor visade att plantor som fått arginin hade högre torrvikter och högre koncentration av kväve i barren än plantor som fått oorganiskt kväve. Vidare visade studien att argininkväve fanns kvar under en längre tid och i högre mängd i torven än ammonium- och nitratkväve. Därmed konstaterades att användning av arginin som kvävekälla i gödsel kunde vara både effektivt och gynnsamt för miljön när plantorna kunde ta upp kvävet under en längre period samtidigt som det inte utlakades lika lätt i och med att det bands hårdare i torven (ibid.).

Gruffman et al. (2012) genomförde en studie där två försöksled med plantor gödslades med organiskt eller oorganiskt kväve. Gödselgivorna av organiskt kväve anpassades till färre givor med hänsyn till Öhlund och Näsholms (2002) tidigare resultat att arginin binder i torv och finns tillgängligt för plantorna under längre period. I studien av Gruffman et al. (2012) fick plantor som gödslats med organiskt kväve (arginin) i plantskola, ett större rotsystem än plantor som gödslats med oorganiskt kväve och därmed blev rot-skottkvoten större. Plantor som gödslats med organiskt kväve uppvisade en ökad andel rotspetsar som koloniserats av mykorrhiza. Om plantan fått organiskt kväve och rötterna blivit koloniserade av mykorrhiza så ökade också andelen finrötter jämfört med sidorötter och rotspetsar.

Planttätheten, bevattningsregimen, rotens situation samt gödslingsprogrammet var de faktorer som främst visade sig påverka plantans kvävestatus i plantskolan enligt studier genomförda av Troeng (1986). Gödslingsuppehåll minskade plantornas totala kvävehalt i en studie av Ackzell (1986). Efter uppehållet kom aldrig dessa plantor upp i samma kvävenivå som de plantor som fått en konstant gödsling (ibid.). Gruffman et al. (2014) visade att upptaget av kväve i tallplantor varierade beroende på mängden kväve som plantan haft tidigare. Upptaget av argininkväve fortsatte vara högt om plantan hade en hög kvävehalt från tidigare gödsling där den exponerats för organiskt kväve. Plantor som tidigare gödslats med ammonium- och nitratkväve och hade en hög kvävehalt visade ett minskat upptag av oorganiskt kväve (ibid.).

Wallenda och Read (1999) kom efter fältanalyser fram till att den svampgrupp mykorrhizan tillhörde spelade större roll för upptaget av aminosyror än trädens växtplats. De ektomykorrhizala rötterna visade hög upptagningskapacitet och starka interaktioner i substratet med aminosyror. Detta kunde enligt studien indikera att upptaget av organiskt kväve påverkar växtens totala kvävehalt (ibid.).

Plantor med god kvävestatus vid utplantering hade en högre tillväxt under påföljande växtsäsong enligt Troeng (1986). Hos gran kunde effekterna av kvävestatusen påvisas även under andra växtsäsongen.

Syfte och Frågeställning

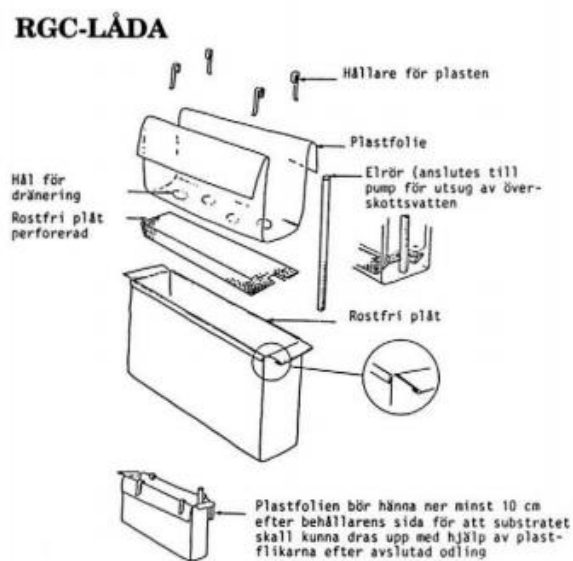
Huvudsyftet med detta försök var att jämföra rottillväxten för tallplantor (*Pinus sylvestris*) och granplantor (*Picea abies*), gödslade med organiskt kväve respektive oorganiskt kväve. Kunde efter en kort tids provodling skillnader i tillväxt påvisas för konventionella täckrotsplantor gödslade med organiskt respektive oorganiskt kväve?

Vår hypotes var att plantor gödslade med organiskt kväve skulle få en högre rottillväxt än plantor som gödslats med oorganiskt kväve. Vi utgick bland annat från resultaten från Gruffman et al. (2012) som visade på detta.

Frågeställningar gällande eventuella skillnader i toppskottstillväxt, biomassa, stamdiametertillväxten samt kväveinnehåll i barr beroende på tillsatt kväveform undersöktes även.

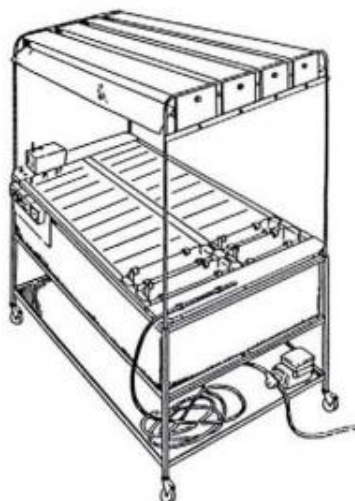
Material och metod

RGC är en förkortning av Roth Growth Capacity och är en metod för att undersöka hur plantors rötter växer i en kontrollerad miljö (Mattsson 1986). Plantorna planteras i avlånga ställådor, RGC-lådor (Figur 2), som sänks ned i ett vattenbad (Figur 3). Vattenbadet fungerar som ett värmebatteri och på så sätt jämnas temperaturen ut. Ovanför vattenbadet finns en ljusramp som ger plantorna optimal belysning och önskad fotoperiod ställs in via en timer.



Figur 2. RGC-låda för testodling av plantor (Mattsson 1986:5 p2). Bilden publiceras med författarens tillstånd.

RGC-BAD



Figur 3. RGC-bad med möjlighet att kontrollera belysning och odlingssubstratets temperatur (Mattsson 1986:5 p2). Bilden publiceras med författarens tillstånd.

Plantmaterial

Ettåriga, konventionellt odlade och därefter fryslagrade täckrotsplantor av nordlig tallproveniens hämtades från Kilåmons plantskola i Näsåker. Granplantorna som ingick i studien var konventionellt odlade täckrotsplantor av mellansvensk proveniens. Granplantorna var ettåriga och hade odlats och fryslagrats vid Sör Amsbergs plantskola i Borlänge där de även behandlats med beläggningsskydd mot snytbaggeangrepp. Plantorna ställdes under en kort period i kallförråd innan plantering.

Enligt instruktion för RGC-metoden (Mattson 1986) blandades odlingssubstratet med lika volymdelar, 50 procent var, av sand och torv i en cementblandare. I försöket användes *Fogsand* från Tärnsjö Grus med en kornstorlek på 0,1 – 2 mm samt torv *FPM 420 FO* från Kekkila. Torven var grundkalkad med 1,5 kg kalk/m³, hade ett genomsnittligt pH-värde på 4,9, genomsnittlig elektrisk konduktivitet på 8 samt bestod av i medeltal 90 procent organiskt material. Varje RGC-låda inrymde 5,8 liter odlingssubstrat vardera.

Torvklumpen som medföljde plantorna från plantskolan behölls vid planteringen i RGC-lådorna. I varje RGC-låda planterades tre plantor i hållare som utgjordes av öppna utsågade plastkassetter för att få ett jämnt avstånd mellan plantorna och för att förenkla arbetet med att från tidigare rotsystem separera under testodlingen nybildade rötter.

Försöket

Studien omfattade totalt sex försöksled, tre med tall och tre med gran. För varje trädslag gödslades ett försöksled med organiskt kväve via arGrow Complete[®], ett försöksled med oorganiskt kväve via Wallco[®] och ett försöksled gödslades inte (kontroll) (Tabell 1). Varje försöksled omfattade 24 plantor fördelade på åtta RGC-lådor och totalt ingick 144 plantor i försöket. Plantorna odlades i en kontrollerad miljö i två RGC-bad (Figur 3) under 51 dagar under mars och april månad 2021.

Lampor med våglängdsområden lämpliga för testodling med en ljusintensitet på mellan 180 – 192 micromol användes i RGC-baden. Försökledskassetterna lottades ut på baden med hälften av upprepningarna i respektive RGC-bad. Inga RGC-lådor flyttades mellan de olika baden under odlingsförsökets period. Varje vecka blandades RGC-lådorna i baden slumpmässigt om samt vändes så att plantor som stått ytterst hamnade mot mitten av badet. Fotoperioden simulerade 18 timmars dagsljus och 6 timmar natt. En rumstemperatur på cirka +20 grader Celsius eftersträvades. Under försöksperioden registrerades i odlingsrummet som lägst en temperatur på +12,7 grader Celsius och som högst +26,2 grader Celsius.

Tabell 1. Förteckning över de olika försöksleden med två typer av gödselmedel (innehållande organiskt eller oorganiskt kväve) samt ogödslad kontroll för gran- respektive tallplantor.

<i>Försöksidentitet</i>	<i>Åtgärd</i>	<i>Gödselmedel</i>	<i>Uppreningar</i>	<i>Plantantal, st</i>
Gran				
<i>Försöksled 1</i>	Kontroll, ogödslad	-	8	24
<i>Försöksled 2</i>	Applicering av gödsel innehållande organiskt kväve	<i>arGrow Complete</i> [®]	8	24
<i>Försöksled 3</i>	Applicering av gödsel innehållande oorganiskt kväve	<i>Wallco</i> [®]	8	24
Tall				
<i>Försöksled 1</i>	Kontroll, ogödslad	-	8	24
<i>Försöksled 2</i>	Applicering av gödsel innehållande organiskt kväve	<i>arGrow Complete</i> [®]	8	24
<i>Försöksled 3</i>	Applicering av gödsel innehållande oorganiskt kväve	<i>Wallco</i> [®]	8	24

Gödselmedel

Wallco[®] (Miljöcenter AB) användes som gödselmedel i försöksledet som gödslades med oorganiskt kväve. I detta medel utgörs kvävet av 60 procent NO₃ och 40 procent NH₄ och består totalt av 100 g kväve per liter gödselmedel. I övrigt innehåller Wallco näringsämnen (gram/liter): K, 65; P, 13; S, 9; Mg, 4; Fe, 0,7; Mn, 0,4; B, 0,2; Zn, 0,06; Cu, 0,03; Mo, 0,007.

arGrow Complete[®] (Arevo) användes som gödselmedel i försöksledet som gödslades med organiskt kväve. Gödselmedlet innehåller organiskt kväve i form av aminosyran arginin med fyra kväveatomer. *arGrow Complete* innehåller 65 g kväve per liter och i övrigt innehåller det näringsämnen (gram/liter): K, 45; P, 11; S, 9; Mg, 4; Fe, 1,1; Mn, 0,5; B, 0,22; Zn, 0,16; Mo, 0,04; Cu, 0,03.

Tillförsel av gödsel

Försöket utgick från att plantorna skulle gödslas med samma mängd kväve oavsett om det var i organisk eller oorganisk form. Övriga beståndsdelar i de olika gödselmedlen beaktades inte. Plantorna gödslades med 3 g kväve per försöksled och vecka fördelat på två tillfällen baserat på det gödslingsprogram som Lilliehöök (1981) utarbetat. 15 ml Wallco späddes med två liter kranvatten för att få 1,5 g kväve i blandningen och 25 ml *arGrow Complete* späddes med två liter kranvatten för att få samma kvävehalt. Detta upprepades för varje gödslingsstillfälle, två gånger per vecka. De respektive blandningarna fördelades jämnt mellan RCG-lådorna, 2,5 dl blandning/RGC-låda. Efter 1 – 6 timmar pumpades överblivet vatten upp från botten av RGC-lådorna med hjälp av en våtdammsugare.

Mätningar

Rottillväxt

Vid mätningen av rottillväxten behandlades en RGC-låda som en upprepning. Ingen behandling eller mätning utfördes på rötterna innan plantering. Efter försöksperiodens slut togs plantorna försiktigt upp ur odlingssubstratet och lades på en bricka. Odlingssubstratet genomsöktes efter eventuella rotrester som gått av vid upptagandet av plantorna. Rötterna sköljdes därefter av i kranvatten för att avlägsna substratrester. De nybildade, rötterna klipptes sedan av och friskvikten för varje upprepning registrerades. Därefter lades rötterna i papperskuvert (ett per upprepning) och placerades i en ugn där de fick torka i 105°C i 24 timmar. Efter torkningen fick proverna svalna av i en exsickator för att undvika att de återfuktades. När proverna svalnat vägdes de på nytt och rötternas torrsvikt för varje upprepning registrerades.

Kvävehalt

Efter försöksperiodens slut klipptes fem cm från ett toppskott från varje upprepning och kombinerades till ett generalprov med åtta toppskott per försöksled. Proverna lades i ett kuvert per försöksled. Kuverten placerades i en ugn där proverna fick torka i 105°C i 24 timmar. Efter torkningen fick proverna svalna av i en exsickator för att undvika att de återfuktades. När proverna svalnat skickades de till Institutionen för Mark och Miljö vid SLU i Uppsala som genomförde en totalkväveanalys (*LECO TruMac CN*) på barren.

Toppskottsbiomassa

Vid försöksperiodens slut klipptes toppskotten av på två plantor i varje RGC-låda (totalt 16 skott/försöksled). Döda plantor i RGC-lådor minskade antalet skott/försöksled för denna mätparameter. Friskvikten hos toppskotten för varje upprepning registrerades innan de lades i ett separat papperskuvert och placerades i en ugn där toppskotten fick torka i 105°C i 24 timmar. Efter torkningen fick proverna svalna av i en exsickator för att undvika att de återfuktades. När proverna svalnat vägdes de på nytt och toppskottens torrsvikt för varje upprepning registrerades. Toppskotten klipptes av vid översta grenvarvet på granplantorna och på tallplantorna klipptes toppskottet där enkelbarren övergick till dubbelbarr.

Toppskottslängd

Vid försöksperiodens start när planteringen gjordes, mättes planthöjden på alla enskilda plantor. Mätningarna utfördes från plastbehållarens kant upp till toppskottets slut minus översta barrets längd. Efter försöksperiodens slut mättes plantorna igen på samma sätt. För att få toppskottets längd användes planthöjd vid plantering respektive upptag av plantorna och mellanskillnaden utgjorde toppskottslängden.

Rot/skottkvot för tillväxten

Rot/skottkvot ger ett värde som indikerar om plantan har en bra balans mellan rötter och skott. En rot/skottkvot beräknades för tillväxten som varit under

testodlingen genom att dividera torrvikten för nybildade rötter med toppskottstorrvikten.

Stamdiameter

Stamdiametern mättes efter plantering, vid försöksperiodens start, med ett digitalt skjutmått. För att få jämförbara resultat mättes diametern så långt ner på stammen som möjligt, i nivå med plastbehållarens kant. Efter försöksperiodens slut upprepades mätningen på samma sätt och av samma person. Mellanskillnaden mellan de två värdena antogs vara stamdiametertillväxten.

Konduktivitet i överskottsvattnet

En gång per vecka mättes konduktiviteten i tre RGC-lådor för att få ett medelvärde för varje försöksled. Cirka fem milliliter vatten sögs upp från botten av RGC-lådorna med hjälp av en slang. Ledningstalen mättes med en konduktivitetmätare, *Hack sension 5*, och varje prov dokumenterades. Proben till mätaren sköljdes med avjoniserat vatten mellan varje provtagning. Slangen som användes för att ta upp provet ur RGC-lådorna sköljdes med vanligt kranvatten mellan de olika försöksleden.

Statistiska analyser

Allt datamaterial från odlingsförsöket fördes över till Excel där det statistiskt bearbetades för framställande av diagram och tabeller. Beräkningar av medelvärden för varje upprepning gjordes per RGC-låda baserat på levande plantor. Medelvärden för upprepningarna gav sedan tillsammans ett medelvärde för de olika försöksleden. För hypotesprövning användes följande formler:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{s_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Där t = testvariabeln, \bar{x}_1 = medelvärde sampel ett, \bar{x}_2 = medelvärde sampel två, μ_1 = riktigt medelvärde population ett, μ_2 = riktigt medelvärde population två, s_p^2 = medelfel, n_1 = antal enheter i sampel ett och n_2 = antal enheter i sampel två.

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Där s_p^2 = medelfel, n_1 = antal enheter i sampel ett, n_2 = antal enheter i sampel två, s_1 = standardavvikelse sampel ett och s_2 = standardavvikelse sampel två. Krav för att få använda formlerna är att undersökningsvariabeln är normalfördelad samt att standardavvikelserna är ungefär lika stora (Stenhag 2019).

Resultat

Vid slutet av odlingsperioden hade totalt tre plantor dött. En granplanta i försöksled tre och två tallplantor i försöksled två. Detta gav en total plantöverlevnad på 98 procent. I försöksled två för tall innebar det ett plantbortfall på åtta procent och i försöksled tre för gran innebar det ett plantbortfall på fyra procent (Tabell 2).

Tabell 2. Antal levande samt antal och procentandel döda plantor i respektive försöksled efter avslutad odlingsperiod.

Försöksled	Antal överlevande plantor	Antal döda plantor	Andel döda plantor (%)
Gran 1 – Kontroll	24	0	0
Gran 2 – arGrow Complete®	24	0	0
Gran 3 – Wallco®	23	1	4
Tall 1 – Kontroll	24	0	0
Tall 2 – arGrow Complete®	22	2	8
Tall 3 – Wallco®	24	0	0
<i>Totalt</i>	141	3	2

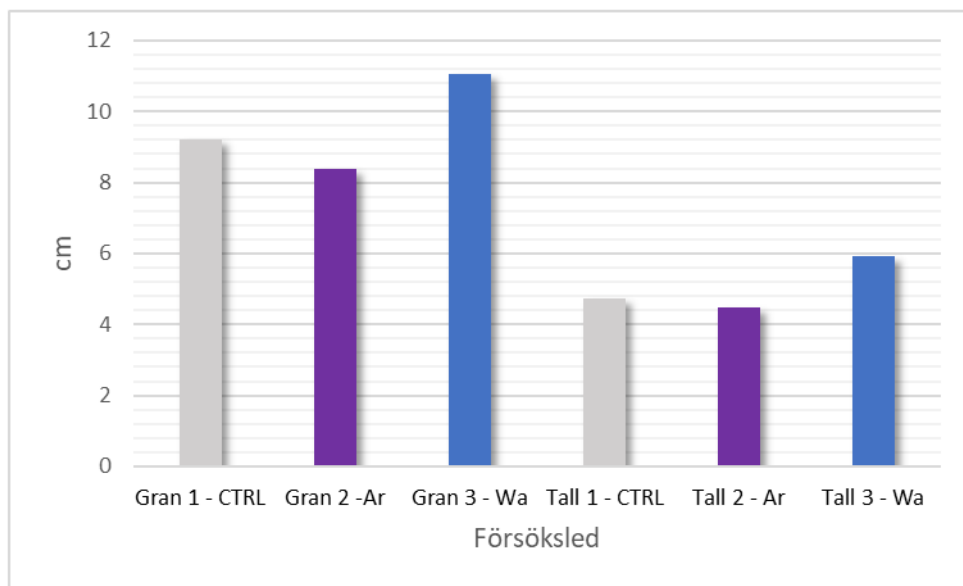
Rottillväxten i försöksled två för både tall och gran var lägre jämfört med både försöksled tre och kontrollerna (försöksled ett). Torrvikten för granrötter i försöksled två var 41 procent lägre jämfört med försöksled tre. För tall var torrvikten i försöksled två 57 procent lägre jämfört med försöksled tre (Tabell 3). Vid hypotesprövning visade det sig att vår huvudhypotes, att plantorna som gödslats med organiskt kväve skulle få en högre rottillväxt än de som gödslats med oorganiskt kväve, inte gick att bevisa för gran. T-värdet för gran var -0,90011. För tall uppfylldes inte kravet att standardavvikelse ska vara ungefär lika stora för att kunna använda formeln för hypotesprövning då standardavvikelsen för försöksled två var 91 procent högre än försöksled 3.

Tabell 3. Medelvärden och standardavvikelse för torrvikterna av rottillväxten och toppskottsbiomassa samt rot/skottkvot för tillväxten per försöksled.

Försöksled	Medeltorrsvikt, rötter, g	Standardavvikelse	Medeltorrsvikt, toppskottsbiomassa, g	Standardavvikelse	Rot/skottkvot, tillväxt	Standardavvikelse
Gran 1 - Kontroll	0,4445	0,1628	0,6999	0,156091	0,653478	0,23755
Gran 2 – arGrow Complete®	0,2033	0,0999	0,5183	0,216361	0,422769	0,179722
Gran 3 - Wallco®	0,3422	0,1275	0,7380	0,267411	0,491906	0,207949
Tall 1 - Kontroll	0,2276	0,0581	0,9960	0,147297	0,228006	0,087711
Tall 2 – arGrow Complete®	0,1488	0,1061	1,1261	0,309474	0,138088	0,087711
Tall 3 - Wallco®	0,3458	0,0553	1,4833	0,362105	0,239823	0,039197

Både tall- och granplantorna i försöksled tre, som gödslats med Wallco®, hade i genomsnitt en högre torrsvikt för toppskottsbiomassan än de andra försöksleden. För trädslaget tall hade plantorna i försöksled två, som gödslats med arGrow Complete® högre medelvärde för torrsvikt av toppskottsbiomassan än kontrollerna medan det omvända gällde för granplantorna.

Rot/skottkvoten för tillväxten hos gran var högst i försöksled ett, kontrollerna och försöksled två, arGrow Complete® hade den lägsta motsvarande rot/skottkvoten. För tall hade försöksled tre, Wallco® den högsta rot/skottkvoten för tillväxt och även kontrollerna hade ett näraliggande kvotvärde (Tabell 3).



Figur 4. Toppskottstillväxt (cm) under odlingsperioden för respektive försöksled. Gran 1 - CTRL=ogödslade granplantor, Gran 2 -Ar=granplantor som gödslats med arGrow Complete®, Gran 3 -Wa= granplantor som gödslats med Wallco®. Tall 1 -CTRL=ogödslade tallplantor, Tall 2 - Ar=tallplantor som gödslats med arGrow Complete®, Tall 3 -Wa= tallplantor som gödslats med Wallco®

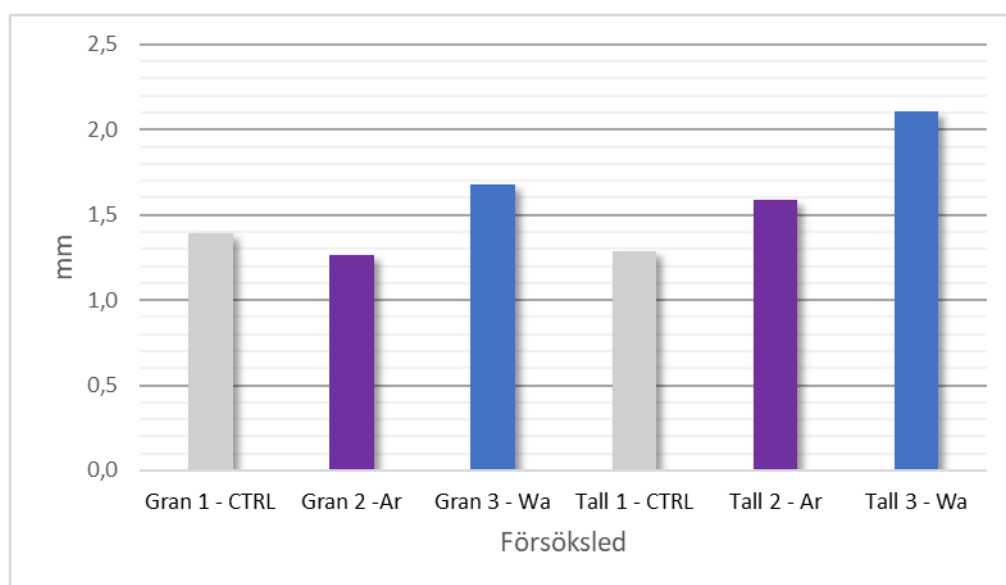
Plantorna av både tall och gran som gödslats med Wallco® hade i genomsnitt längre toppskott än plantorna i de andra försöksleden. Toppskotten var i genomsnitt kortare för plantorna i de försöksleden som gödslats med arGrow Complete® jämfört med de andra försöksleden (Figur 4).

Plantorna i gödslade försöksled hade en markant högre kvävehalt i barren jämfört med kontrollplantorna. Plantorna av tall hade högre kvävehalt än granplantorna i alla försöksleden (Tabell 4).

Både tall- och granplantorna i försöksled tre, som gödslats med Wallco®, hade i genomsnitt en större ökning av stamdiametern än de andra försöksleden. För trädslaget tall hade plantorna i försöksled två, som gödslats med arGrow Complete® en större ökning av stamdiametertillväxt än kontrollerna som hade den lägsta stamdiametertillväxten (Figur 5).

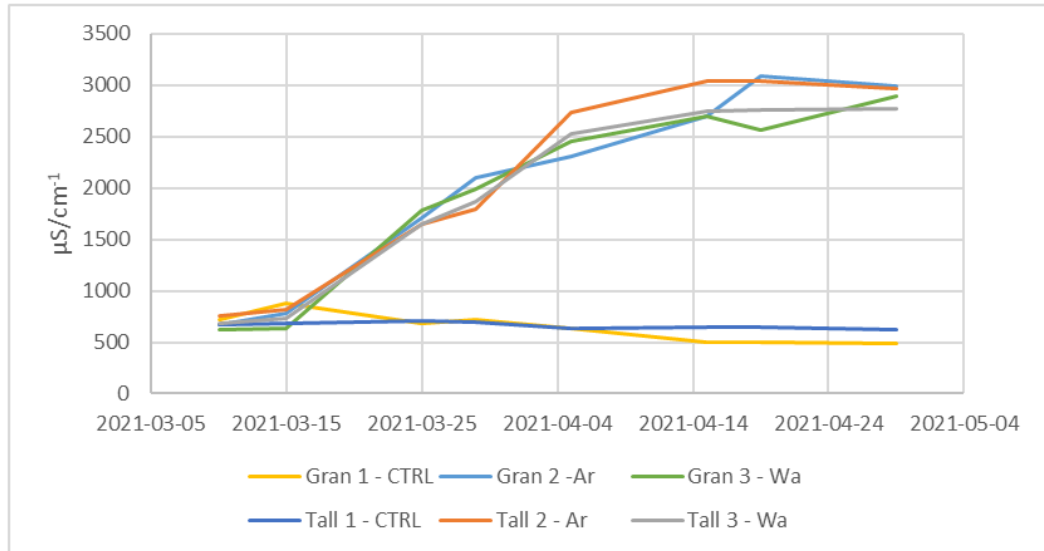
Tabell 4. Total kvävehalt i barren för plantorna i de olika försöksleden av tall- respektive granplantor.

<i>Försöksled</i>	Tot-N (%)
<i>Gran 1 - Kontroll</i>	0,79
<i>Gran 2 – arGrow Complete®</i>	1,57
<i>Gran 3 - Wallco®</i>	1,55
<i>Tall 1 - Kontroll</i>	0,94
<i>Tall 2 – arGrow Complete®</i>	1,67
<i>Tall 3 - Wallco®</i>	1,75



Figur 5. Stamdiametertillväxt mellan odlingsperiodens första dag och odlingsperiodens sista dag för respektive försöksled. Gran 1 -CTRL=ogödslade granplantor, Gran 2 -Ar=granplantor som gödslats med arGrow Complete®, Gran 3 -Wa= granplantor som gödslats med Wallco®. Tall 1 - CTRL=ogödslade tallplantor, Tall 2 -Ar=tallplantor som gödslats med arGrow Complete®, Tall 3 - Wa= tallplantor som gödslats med Wallco®

Ledningstalen i de gödslade försöksleden hade fördubblats efter cirka två veckor (Figur 6). Vid slutet av odlingsförsöket hade ledningstalen planat ut och låg för alla gödslade försöksled på ett intervall mellan 2,5 – 3 mS/cm⁻¹. Ledningstalen för kontrollerna hade stabila värden på samma nivå under hela odlingsperioden.



Figur 6. Förändring av ledningstalen ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) från konduktivitetmätningar i överskottsvattnet under odlingsperioden. Medelvärden efter mätningar utförda en gång per vecka för respektive försöksled. Gran 1 -CTRL=ogödslade granplantor, Gran 2 -Ar=granplantor som gödslats med arGrow Complete®, Gran 3 -Wa= granplantor som gödslats med Wallco®. Tall 1 - CTRL=ogödslade tallplantor, Tall 2 -Ar=tallplantor som gödslats med arGrow Complete®, Tall 3 - Wa= tallplantor som gödslats med Wallco®

Diskussion

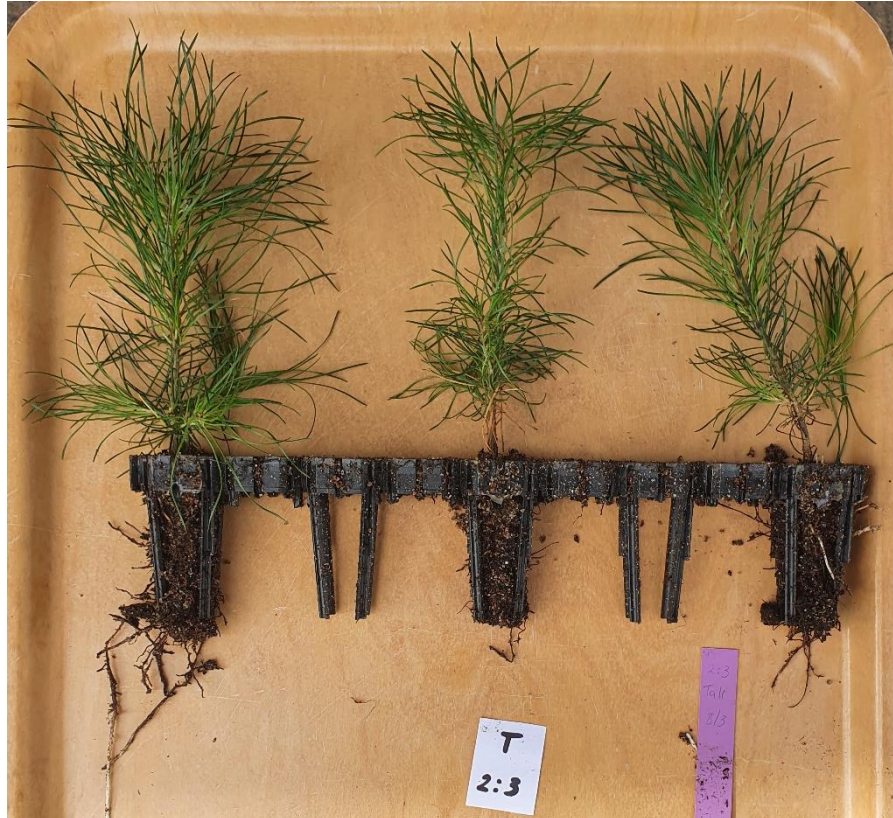
För samtliga parametrar, utom kväveinnehållet i barren, hade plantorna av båda trädslagen som gödslats med oorganiskt kväve i försöksled tre, högre medelvärden än plantor som gödslats med organiskt kväve. För parametern rottillväxt hade plantor som gödslats med organiskt kväve i genomsnitt lägre torrsvikt än både kontrollplantorna och plantorna som gödslats med oorganiskt kväve (Tabell 3).

Den totala kvävehalten undersöktes endast som ett prov per försöksled och är inte ett resultat av medelvärden per upprepning som i de andra undersökta parametrarna. Om analyserna gjorts med ett prov per upprepning är det möjligt att andra värden hade kunnat ses. Proverna visar en tydlig gödslingseffekt där de gödslade försöksleden har flera procent högre kvävehalt i barren jämfört med kontrollerna.

Eftersom ledningstalen i överskottsvattnet för kontrollplantorna legat på jämn och stabil nivå under hela odlingsperioden och ledningstalen ökat markant för de båda gödslade försöksleden så kan slutsatsen dras att ökningen beror på gödslingen (Figur 6). Det tyder på att gödseln har varit aktiv i odlingssubstratet.

I ledningstalen syntes ingen markant skillnad mellan de två gödslade försöksleden vilket indikerar att båda gödselmedlen lakades ur i lika stor omfattning (Figur 6). Att försöksleden med arginin hade höga ledningstal skulle kunna förklaras med att vi använde oss av en blandning mellan sand och torv i vårt odlingssubstrat. I tidigare studier (Öhlund & Näsholm 2002) där man visat att arginin binder hårdare i substratet har torv utan inblandning av sand använts. Inblandningen av sand i vårt odlingsförsök tog bort torvvolym som arginin hade kunnat binda till.

Försökets alla kontrollplantor överlevde hela perioden och visade på full vitalitet både ovan jord och för rotdelen. De döda plantorna återfanns i de gödslade försöksleden, vilket gör att vi inte kan utesluta att de dog på grund av gödslingen (Tabell 2). Den totala andelen döda plantor är dock för liten för att kunna dra några slutsatser. Vid plantupptaget observerades dessutom att flera gödslade plantor av båda trädslagen inte hade utvecklat någon rottillväxt. Ovan jord syntes ingen påverkan förutom några enstaka tendenser till gula barr på några av dessa plantor och om försöket hade fortsatt kan vi inte utesluta att fler plantor hade dött (Figur 7).



Figur 7. Foto på upptagna plantor som uppvisar full vitalitet ovan jord men mycket begränsad rottillväxt.

Den korta försöksperioden kan ha varit till arGrow Complete[®]-plantornas nackdel och det är möjligt att rottillväxten skulle varit större hos dessa plantor om odlingsperioden varit längre. Tidigare studier såsom Wallenda och Read (1999) visade att mykorrhizan kunde spela en stor roll för upptaget av organiskt kväve. Under vårt försök så har troligen inte någon mykorrhiza hunnit utvecklas på plantornas rötter, vad vi kunde se genom visuella observationer. Det skulle i så fall stämma med teorin att mykorrhizan kan vara en viktig del för upptaget av det organiska kvävet.

Gruffman et al. (2014) visade att plantor som framodlats med antingen organiskt eller oorganiskt kväve, fortsatt föredrar det sorts kväve de gödslats med från fröstadiet. I vårt försök vet vi inte om plantorna gödslats med oorganiskt eller organiskt kväve i plantskolan. Om de tillförts oorganiskt kväve skulle det kunna vara en förklaring till den större tillväxten hos försöksledet som gödslades med Wallco.

Under försöksperiodens gång noterades att odlingssubstratet i vissa RGC-lådor verkade vara blötare än andra. Medan studien pågick trodde vi att det hade med vattningen att göra men det finns en möjlighet att en del RGC-lådor hade ett litet läckage och inte var helt vattentäta. Det kan ha varit en hämmande faktor främst för tallarnas utveckling då de föredrar torrare miljöer.

Vi har gödslat plantorna på en nivå som ligger över vad de behöver och kvävetillgången i sig torde inte ha varit en tillväxtbegränsande faktor. Detta kan i operationell skala ha en negativ ekonomisk påverkan eftersom gödsel som plantorna inte kan ta upp förbrukas. Målet borde vara att hamna på en lägre nivå som fortfarande förser plantorna med en stabil näringstillgång samtidigt som urlakningen inte blir för stor.

Efter det att försöket avslutats upptäcktes ett fel i våra spädningsberäkningar vilket gett ett lite högre kväveinnehåll i vår arGrow Complete[®]-lösning jämfört med Wallco[®]-lösningen. ArGrow Complete[®]-plantorna gödslades med en lösning innehållande 1,625 g kväve/liter medan Wallco[®]-plantorna gödslats med 1,5 g kväve/liter. Detta kan ha gjort en skillnad för plantorna men kvävetillförseln ligger ändå inom de rekommenderade värdena som Lilliehöök (1981) föreslog. Den lite större kvävegivan borde således inte påverka plantorna negativt. Det organiska gödselmedlet kan också ha förvarats i en icke optimal temperatur på endast +5 – 6 grader Celsius under försöksperiodens första veckor och en viss kristallisering uppstod i flaskan. Efter upptäckten av kristallerna förvarades flaskan i rumstemperatur varpå kristallerna upplöstes. Det kan inte uteslutas att kristalliseringen påverkade näringsinnehållet.

Den här studien är utförd i ett slags gränsland mellan plantskola och fältförsök och resultaten är därför inte helt jämförbara med tidigare utförda studier. Plantorna i vårt försök var i ett stadie där de är redo för att planteras ut i fält och vi har använt odlingssubstrat som bara delvis påminner om fältförhållanden. Emellertid har plantorna fortsatt blivit gödslade med flytande gödsel i samma givor som används i plantskolor.

Slutsatser och vidare forskning

De gödslade plantorna hade en högre kvävehalt i barren än kontrollplantorna. Plantorna i denna studie verkade i lika hög grad upp ta upp organiskt kväve som oorganiskt kväve till barren.

I den här studien hade plantorna som gödslats med oorganiskt kväve större rot- och skotttillväxt än de plantor som gödslats med organiskt kväve samt kontrollplantorna som inte tillförts någon gödsel.

För att ge plantorna i försöket samma förutsättning till upptag av respektive kväveform vore det intressant med liknande försök där plantor används som fått respektive kväveform redan från frösådd.

För att undersöka den ekonomiska aspekten vidare kan samma typ av försök utföras med olika gödselgivor för de olika kvävetyperna. Eftersom argininets förmåga att binda till torven är högre borde lägre givor vara möjliga.

Referenser

- Ackzell, L. (1986). Tillväxtreglering genom näringsstyrning. *Plantnytt* 1986:3.
- Andersson, R., Bergqvist, J. & Näslund, B.-Å. (2017). *Skoglig produktionsekologi - ståndortsanpassning i skogsbruket*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Anraku, Y. (1980). Transport and utilization of amino acids by bacteria. *Microorganisms and nitrogen sources*, vol 1, pp 9-34. New York.
- Chapin, F.S., Kielland, K. & Moilanen, L. (1993). Preferential use of organic nitrogen for growth by a non-mycorrhizal arctic sedge. *Nature (London)*, vol. 361 (6408), pp. 150–153 London: Nature Publishing.
- Ericsson, T., Blombäck, K. & Kvalbein, A. (2013). *Behovsanpassad gödsling – Från teori till praktik*. Danderyd: Sterf.
- Gruffman, L., Ishida, T., Nordin, A. & Näsholm, T. (2012). Cultivation of Norway spruce and Scots pine on organic nitrogen improves seedling morphology and field performance. *Forest ecology and management*, vol. 276, pp. 118–124 Kidlington: Elsevier B.V.
- Gruffman, L., Jämtgård, S. & Näsholm, T. (2014). Plant nitrogen status and co-occurrence of organic and inorganic nitrogen sources influence root uptake by Scots pine seedlings. *Tree physiology*, vol. 34 (2), pp. 205–213 Canada.
- Ingestad, T. (1962). *Macro element nutrition of pine, spruce, and birch seedlings in nutrient solutions*. Stockholm: Statens skogsforskningsinstitut.
- Jones, D.L. & Kielland, K. (2002). Soil amino acid turnover dominates the nitrogen flux in permafrost-dominated taiga forest soils. *Soil biology & biochemistry*, vol. 34 (2), pp. 209–219 Elsevier Ltd.
- Kielland, K. (1994). Amino acid absorption by arctic plants: implications for plant nutrition and nitrogen cycling. *Ecology (Durham)*, vol. 75 (8), pp. 2373–2383 Washington, DC: The Ecological Society of America.
- Lilliehöök, L. (1981). Gödslingsprogram för täckrotsproduktion. *Plantnytt* 1981:4.
- Mattsson, A. (1986). *RGC-metoden – ett hjälpmedel för att upptäcka rotskador*. *Plantnytt*. 1986:5.
- Näsholm, T., Ekblad, A., Högberg, M., Nordin, A., Giesler, R. & Högberg, P. (1998). Boreal forest plants take up organic nitrogen. *Nature (London)*, vol. 392 (6679), pp. 914–916 London: Nature Publishing.

Näsholm, T., Huss-Danell, K. & Högberg, P. (2000). Uptake of Organic Nitrogen in the Field by Four Agriculturally Important Plant Species. *Ecology (Durham)*, vol. 81 (4), pp. 1155–1161 Washington, DC: Ecological Society of America.

Persson, J. & Näsholm, T. (2001). Amino acid uptake: a widespread ability among boreal forest plants. *Ecology letters*, vol. 4 (5), pp. 434–438 Oxford UK: Blackwell Science Ltd.

Persson, J. & Näsholm, T. (2003). Regulation of amino acid uptake by carbon and nitrogen in *Pinus sylvestris*. *Planta*, vol. 217 (2), pp. 309–315 Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.

Raab, T.K., Lipson, D.A. & Monson, R.K. (1999). Soil Amino Acid Utilization among Species of the Cyperaceae: Plant and Soil Processes. *Ecology (Durham)*, vol. 80 (7), pp. 2408–2419 Washington, DC: Ecological Society of America.

Ruess, R., Cleve, K.V., Yarie, J. & Viereck, L. (1996). Contributions of fine root production and turnover to the carbon and nitrogen cycling in taiga forests of the Alaskan interior. *Canadian journal of forest research*, vol. 26 (8), pp. 1326–1336 Ottawa, Canada: NRC Research Press.

Rytter, L. (2007). Gödsling av täckrotsplantor. PLANTaktuellt. 2, 7 – 9.

Stenhag, S. (2019). *Åt skogen med statistik*. Skinnskatteberg: Skogsmästarskolan.

Tamm, C.O. (1991). *Nitrogen in terrestrial ecosystems: questions of productivity, vegetational changes, and ecosystem stability*. Springer Verlag. Berlin.

Troeng, E. (1986). *Gödsling i plantskolan och tillväxt i fält*. Plantnytt 1986:6.

Virtanen, A.I. & Linkola, H. (1946). Organic nitrogen compounds as nitrogen nutrition for higher plants. *Nature* 157, 515.

Wallenda, T. & Read, D.J. (1999). Kinetics of amino acid uptake by ectomycorrhizal roots. *Plant, cell and environment*, vol. 22 (2), pp. 179–187 Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

Warshan, D., Bay, G., Nahar, N., Wardle, D.A., Nilsson, M.-C. & Rasmussen, U. (2016). Seasonal variation in nifH abundance and expression of cyanobacterial communities associated with boreal feather mosses. *The ISME Journal*, vol. 10 (9), pp. 2198–2208 England: Nature Publishing Group.

Wennström, U., Hjelm, K., Lindström, A. & Stattin, E. (2016). *Skogsskötselserien 2 – Produktion av frö och plantor*. Jönköping: Skogsstyrelsen. Andra upplagan.

Öhlund, J. & Näsholm, T. (2002). Low Nitrogen Losses with a New Source of Nitrogen for Cultivation of Conifer Seedlings. *Environmental science & technology*, vol. 36 (22), pp. 4854–4859 Washington, DC: American Chemical Society.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.