



Odlingsförsök med *Pinus sylvestris* i gransågspån blandat med hydrokol respektive pyrokol

*Cultivation trials with *Pinus sylvestris* in sawdust of spruce
mixed with hydrochar or pyrochar*

ANNICA BERGLIND

NINJA BERNZEN



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2023:16

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Odlingsförsök med *Pinus sylvestris* i gransågspån blandat med hydrokol respektive pyrokol

Cultivation trials with *Pinus sylvestris* in sawdust of spruce mixed with hydrochar or pyrochar

Annica Berglind

Ninja Bernzen

Handledare: Elisabeth Wallin och Daniel Gräns, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Eric Sundstedt, 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: 2023

Omslagsbild: Torkade tallplantor. Foto: Ninja Bernzen

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

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2023:16

Nyckelord: Alternativt odlingssubstrat, näringsläckage, biokol



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Torv är det vanligaste odlingssubstratet som används idag till de mer än 400 miljoner skogsplanter som årligen levereras till det svenska skogsbruket. Det låga näringsinnehållet och goda vattenhållande förmågan gör att torven går att anpassa efter behov med gödsling och kalkning. Vid odling av skogsplanter tillförs gödsel, i huvudsak innehållande kväve. Normalt tillförs 2 – 3 g N/m²/vecka. Vid kontroll av plantans kvalitet används olika kvalitetsmått. Vanligt förekommande är rot/skott-kvoten, som ger en bild av om plantan är proportionerlig. Värden mellan 0,37 – 0,45 eftersträvas för odling av tall. Ett annat mått är Dicksons kvalitetsindex (QID), som även väger in plantans höjd och diameter. Ett högre värde visar på en robust planta som bör klara plantering i fält.

Tidigare studier har visat att det går att odla skogsplanter i sågspån. På senare tid har det bedrivits forskning där torv och olika typer av biokol används för att minska gödselbehovet vid odling samtidigt som restprodukter från till exempel pappersindustri nyttjas. Idag testas hydrokol, som är tillverkad genom en hydrotermisk karbonisering och pyrokol som tas fram genom en termokemisk nedbrytningsprocess, torr pyrolys. Biokolens inblandning kan minska urlakning av näringsämnen. Tidigare studier har visat att odling av täckrotsplanter i en blandning av torv och biokol kan ge goda resultat i paritet med konventionellt odlade skogsplanter.

Syftet med detta försök var att under 13 veckor testodla tallplanter i gransågspån med inblandning av 20 procent biokol. Hypotesen var att odling i gransågspån blandat med hydrokol eller gransågspån blandat med pyrokol skulle ge ett bättre resultat än odling i torv med avseende på tillväxt. Även tre olika gödslingsnivåer motsvarande 1,5, 3 och 6 g N/m²/vecka testades. Data för plantornas rot-, höjd-, och diameter tillväxt samt pressvattnets ledningstal och pH-värde samlades in. Dessutom genomfördes analyser av barrenns näringsinnehåll vid slutet av odlingsperioden.

Resultatet var entydigt till torvens fördel, följt av planter odlade i rent granspån. Planter odlade i gransågspån blandat med 20 procent biokol hade generellt en lägre tillväxt, även avgångarna var höga i försöksleden med biokol, speciellt de som fått 6 g N/m²/vecka. Förklaringarna till detta kan vara många; för hög kolandel som gav både högt pH-värde och kompaktering i krukans bevattning, men också hantering av kassetter och odlingsmiljön kan ha spelat in. Näringsanalysen för fosfor, kalium, mangan och järn visade inga entydiga resultat. Analysen för kväve visade att de försöksled som fått högre kvävegiva hade också högre kvävehalt i barren.

Slutsatser som dragits av detta odlingsförsök är att det går att odla tall i gransågspån blandat med biokol, men vidare försök behöver göras för att hitta lämpliga nivåer gällande andelen biokol och sågspån för att uppnå ett mer optimalt substrat för skogsplanter.

Nyckelord: Alternativt odlingssubstrat, näringsläckage, täckrotsplanta, biokol

Abstract

Peat is the most common growing media used today for the more than 400 million forest plants delivered annually to Swedish forestry. Peat can be adapted as needed with fertilisation and liming, due to its low nutrient content and good water retention capacity. When cultivating forest plants, fertiliser is added, mainly containing nitrogen. Normally 2 – 3 g N/m²/week is applied. Various quality measures are used to express the properties of the plant. The most common is the root/shoot ratio, which gives a measurement of whether the plant is proportional; a value between 0,37 and 0,45 is preferred in pine plants. Another measure is the Dickson quality index (QID), which also takes the height and diameter of the plant into account. A higher value indicates a robust plant that should survive outplanting.

Previous studies have shown that it is possible to grow seedlings in sawdust. More recently, research has been carried out using peat and various types of biochar to reduce the need for fertiliser in cultivation and to instead use residual products from the paper industry. Hydrocarbon, which is produced by hydrothermal carbonisation, and pyrocarbon, which is produced by a thermochemical decomposition process, dry pyrolysis, are currently being tested. The inclusion of biochar can reduce leakage of nutrients and previous results have shown that containerized seedlings grown in a mix of peat and biochar can perform in parity with conventionally grown containerized seedlings.

The objective in this study was to cultivate pine seedlings for 13 weeks in sawdust mixed with 20 percent biochar and to compare the results with conventionally grown seedlings. Our hypothesis was that cultivation in sawdust mixed with hydrocarbon or sawdust mixed with pyrocarbon would result in better growth compared to cultivation in peat. Three levels of fertilisation corresponding to 1,5 g, 3 g and 6 g N/m²/per week were applied. Data were collected for seedling root, height and diameter growth as well as press water conductivity and pH. Needles were also sampled to perform nutrient analysis.

The results were in favour of peat, followed by seedlings grown in pure spruce sawdust. Seedlings grown in spruce sawdust mixed with 20 percent biochar generally showed lower growth. The proportion of dead seedlings was higher in the biochar experiments, especially for seedlings that received 6 g N/m²/week of fertiliser. There may be many possible explanations for this; too high biochar content that gave both high pH and compaction in the pot during irrigation. Also handling of cassettes and the growth environment may have had an impact. The nutrient analysis of needles showed no clear results. The analysis for nitrogen showed that the seedlings that received more fertilizer also had higher nitrogen content in the needles.

The conclusions drawn from this cultivation trial indicate that it is possible to grow pine in spruce sawdust mixed with biochar. However, further trials need to be conducted to find suitable proportions of biochar and sawdust to achieve a more suitable cultivation substrate for forest tree seedlings.

Keywords: Alternative growing substrate, nutrient leakage, rooted planting material, biochar

Förord

Vi vill börja med att tacka våra handledare Elisabeth Wallin och Daniel Gräns från Skogsmästarskolan, SLU. Tack även till Anders Lindström, SLU som varit med att utforma försöket, liksom Maria Sandberg, Karlstads universitet som även bidragit med biokolet till substraten. Även Tommy Abrahamsson ska ha ett stort tack för allt han har gjort för oss – fram för allt fikapauserna. Slutligen, tack även till Åke Törnqvist på Älgsjö Såg AB utanför Ullånger som bidragit med sågspånet som användes i försöket.

*Annica Berglind
Ninja Bernzen*

Skinnskatteberg juni 2023

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 NÄRINGSTILLFÖRSEL VID ODLING AV SKOGSPLANTOR	1
1.3 MORFOLOGISK ANALYS AV PLANTOR.....	2
1.4 TIDIGARE STUDIER MED SÅGSPÅN SOM SUBSTRAT	2
1.5 HYDROKOL OCH PYROKOL	2
1.6 TIDIGARE STUDIER MED HYDROKOL OCH PYROKOL I TÄCKROTSODLING.....	3
1.7 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING.....	3
2 MATERIAL OCH METOD	5
2.1 ODLINGSFÖRSÖKET	5
2.2 FÖRBEREDELSE AV ODLINGSSUBSTRAT	5
2.2.1 TORV	5
2.2.2 SÅGSPÅN.....	5
2.2.3 HYDROKOL/GRANSÅGSPÅN	6
2.2.4 PYROKOL/GRANSÅGSPÅN	7
2.3 TEMPERATUR OCH LJUSFÖRHÅLLANDEN	7
2.4 BEVATTNING OCH GÖDSLING.....	8
2.4.1 SCHEMA FÖR BEVATTNING	8
2.4.2 GÖDSLINGSNIVÅER.....	8
2.5 MÄTMETODER	8
2.5.1 KONTROLL AV PH-VÄRDE OCH KONDUKTIVITET	8
2.5.2 MÄTNING AV HÖJDTILLVÄXT	9
2.5.3 BARRANALYS.....	9
2.6 STATISTISKA ANALYSER.....	9
2.6.1 HYPOTESFORMEL.....	10
2.6.2 TORRVIKT, RÖTTER OCH TOPPSKOTT.....	10
2.6.3 DICKSONS KVALITETSINDEX (QID) SAMT ROT/SKOTT-KVOT	10
3 RESULTAT	11
3.1 ÖVERLEVNAD.....	11
3.2 MORFOLOGISK ANALYS	13
3.2.1 HÖJDTILLVÄXT	13
3.2.2 STAMDIAMETER	14
3.2.3 ROT- OCH SKOTTBIOMASSA	15
3.2.4 ROT/SKOTT-KVOT OCH KVALITETSINDEX (QID)	16
3.3 KONDUKTIVITET OCH PH.....	17
3.4 NÄRINGSINNEHÅLL I BARR.....	18
4. DISKUSSION	20

4.1 JÄMFÖRELSE MED BEFINTLIG KUNSKAP	22
4.2 FELKÄLLOR	23
4.3 SLUTSATSER.....	25
<u>REFERENSER.....</u>	26
BILAGA 1.....	28
<u>UPPSTÄLLNING VID HYPOTESPRÖVNING FÖR TVÅ SAMPEL</u>	28
<u>UPPSTÄLLNING VID HYPOTESPRÖVNING FÖR TVÅ SAMPEL</u>	29
<u>UPPSTÄLLNING VID HYPOTESPRÖVNING FÖR TVÅ SAMPEL</u>	30
BILAGA 2.....	31
<u>MÄTBLANKETTER</u>	31
PLANTOR OCH DESS PLACERING.....	31
SKOTT/ROT-KVOT.....	32
DIAMETER	33
HÖJD	34
LEDNINGSTAL & PH-VÄRDE, DELMÄTNING.....	35
LEDNINGSTAL & PH-VÄRDE, TOTAL MÄTNING	36

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Idag används torv för att odla de mer än 400 miljoner skogsplantor som årligen levereras till det svenska skogsbruket. Täckrotsplantor är det vanligaste sättet att driva upp barrträd (Fürst 2021). Torv som odlingssubstrat har många fördelar och några av dem är att det har en god vattenhållande förmåga, lågt näringsinnehåll och pH-värde, vilket gör det är lätt att gödsla upp. Torv består av organiskt material, främst mossa i olika nedbrytningsstadier (Wennström et al. 2016). Utsläppen från dikade torvmarker i Sverige står för ungefär en femtedel av landets totala växthusgasutsläpp (Naturvårdsverket u.å.). Orörda torvmarker kan lagra mycket kol eftersom växtmaterialet inte bryts ner. Vid dränering försvinner vattenlåset som förhindrar nedbrytning. Då går torvmarker från att vara en kolsänka till att släppa ut kol. Torvmarker är en viktig livsmiljö för många arter och har höga naturvärden. Det ligger ett stort fokus på återvätning och restaurering av våtmarker idag (Naturvårdsverket u.å.). Många avtal och tillstånd för torvtäkter löper ut den kommande tioårsperioden och det är långa och dyra processer för att öppna upp nya torvtäkter (Malmberg 2021).

De två största fördelarna med torv som odlingssubstrat är torvens förmåga att hålla vatten och att den är näringsfattig. Upprepad torka gör att torven mister denna förmåga och materialet kan då bli hydrofobiskt. Det låga näringsinnehållet och en hög kapacitet att ta upp positiva joner gör att det går att styra vilka näringsämnen plantorna ska ha tillgång till och i vilken mängd (Wennström et al. 2016).

1.2 Näringstillförsel vid odling av skogsplantor

Vid ett normalt gödslingsprogram för skogsplantor tillförs bland annat 2 – 3 g N/m²/vecka genom flytande näringslösning i bevattningsanordningen. Det går även att blanda ut gödsel i odlingssubstratet för att få en långsammare tillförsel av näringsämnena (Malmberg 2021).

För att kontrollera gödslingsnivåerna mäts ledningstalet i pressvattnet från plantorna. Ett jämnt ledningstal på 0,5 – 1,5 mS/cm⁻¹ tyder på en lämplig gödselnivå med lagom mycket gödsel. Värden över 3,0 mS/cm⁻¹ är högt och tyder på övergödning som kan förorsaka skador på plantorna. Metoden är bra för att snabbt ge en överblick över gödselnivån, men nackdelen är att den inte visar vilka ämnen plantan har tillgång till eller vad som läcker ut. Höga ledningstal kan under en längre tid ge upphov till liten rot i förhållande till skottet (Wennström et al. 2016).

Gödslingen påverkar även pH-värdet i substratet som i sin tur kan påverka näringstillgången och näringsupptaget för plantan. Plantor av tall och gran behöver substrat med en surhetsgrad kring pH 5 – 6 för en god tillväxt (Wennström et al. 2016).

Kväve är ett av de viktigaste näringsämnen som växter behöver och en vanlig koncentration ligger på 1 – 5 procent av växtens torrsubstans (Båth 2003). Kväveinnehållet i plantan och dess barr påverkas bland annat av näringstillgången i substratet. En hög andel kväve i barren ger plantan goda förutsättningar för efterföljande tillväxtperiod (Troeng 1986).

1.3 Morfologisk analys av plantor

För att avgöra kvalitet och robusthet på den leveransfärdiga plantan, så används ofta någon form av rot/skott-kvot. En planta med stort toppskott och liten andel rötter har sämre förutsättningar att klara sig i fält. Den blir då känslig för torka (Wennström et al. 2016). Rot/skott-kvoten påverkas av näringstillgången. Generellt så utvecklar en planta som har låg näringstillgång större rötter i förhållande till ovanjordens delen, jämfört med en planta som har god näringstillgång. Rot/skott-kvoten för tall bör ligga mellan 0,37 och 0,45 för en robust planta. Det som är svårare att beskriva med siffror, men som också är viktigt att beakta är rötternas förgreningar och hur väl de är etablerade för att få en helhetsbild av plantans egenskaper (Rytter & Ericsson 2000). En utförligare analys är Dicksons kvalitetsindex (QID). Denna analys väger även in stammens diameter med skottets höjd. På så vis inkluderas även plantans gänglighet in i mätvärdet. Det här gör att QID anses vara ett lämpligt mått för att avgöra en plantas robusthet och möjlighet att överleva i fält efter plantering. Kvalitetskontroller med antingen rot/skott-kvot eller QID kan användas för att ta fram och kalibrera odlingsrutinen hos plantskolan (Binotto et al. 2010).

1.4 Tidigare studier med sågspån som substrat

På 90-talet gjordes av Mattsson (1996) en jämförelse mellan odling i torv och sågspån från olika trädslag. I detta försök odlades tall i sågspån från gran, tall och björk, samt en kontrollgrupp som odlades i torv. Försöket delades även upp i två gödselnivåer, där ena gruppen fick 3 g kväve per m² och den andra 6 g kväve per m² och vecka. Odling i granspån gav goda resultat, medan odling i tall- och björkspån var otillfredsställande i jämförelse med odling i torv. Odling i granspån med tillförsel av 6 g kväve per m² och vecka gav likvärdiga resultat som odling i torv. Dessa plantor hade även likartad överlevnad när de planterades ut i fält. I slutsatserna diskuteras dock spånets bristande buffringsförmåga, och att detta leder till ett ökat behov av näringstillförsel för att nå en likvärdig plantutveckling (Mattsson 1996). Buendía Velázquez et al. (2017) fick liknande resultat där de såg att frön av *Pinus leiophylla* sådda i färskt sågspån fick en acceptabel kvalitet, men att näringsläckaget var stort, bland annat såg de urlakning av kalium.

1.5 Hydrokol och pyrokol

Pyrokol är ett organiskt material som produceras genom en termokemisk nedbrytningsprocess som heter torr pyrolys. Det organiska materialet ska värmas upp till höga temperaturer (300 – 650°C) med en långsam uppvärmningshastighet (10°C /30 min). Hur länge det behöver värmas och till vilken temperatur beror på råmaterialets fukthalt. Innan det organiska materialet kan genomgå torr pyrolys behöver det dock torkas (Kambo & Dutta 2015).

Hydrokol är tillverkad med hjälp av en process som heter hydrotermisk karbonisering eller våt pyrolys. Genom att hetta upp organiskt material i ett slutet system under tryck så bildas det ett fast material med hög kokpunkt. Trycket är viktigt för att det organiska materialet inte ska börja koka. Efter upphettningen under tryck behöver hydrokolen mekaniskt avvattnas. Det organiska materialet inte behöver förtorkas innan den hydrotermiska karboniseringen då det i själva processen ingår vatten. Detta är en stor fördel jämfört med pyrokol och sparar mycket energi och tid (Kambo & Dutta 2015).

En positiv egenskap som båda biokolen har är att de kan agera som en näringsreservoar eftersom biokolet är negativt laddat och drar till sig positivt laddade joner som finns i odlingssubstratet. Detta innebär att det kan krävas mindre gödning och minska urlakningen av näringsämnen ur odlingssubstratet (Kambo & Dutta 2015).

1.6 Tidigare studier med hydrokol och pyrokol i täckrotsodling

Eskandari et al. (2019) utförde ett odlingsförsök med tall i substrat bestående av torv med 20 procent inblandning av hydrokol och två olika gödselnivåer. Studien visade att kvävegödselnivån gick att minska med 50 procent vid inblandning av hydrokol i odlingssubstratet. I denna studie var dock hydrokolet blandat med fem procent aska för att höja pH-värdet och för att bidra till askåterföring i skogen vid plantering.

Liknande undersökningar har även gjorts med pyrokol blandat med torv, där det också ingick nio procent aska. Försöksledet som bestod av 50 procent pelleterad pyrokol blandat med torv, med en kvävegiva på 80 mg/m² gav liknande resultat som kontrollplantorna som odlats i 100 procent torv (Dumroese et al. 2018).

Samverkansprojektet Närskog2 såg i sina försök med olika andelar kol blandat i torv att de kunde minska dosen kväve till plantorna som odlades i pyrokol blandat med torv. Här sattes andelen pyrokol till 15 och 30 procent, samt sex procent aska. Plantorna med den lägre andelen pyrokol var likvärdiga i höjdtillväxt och rottillväxt som kontrollgruppen. Vitalitetsnedsättningar för plantorna ur försöksledet med torv blandat med 30 procent pyrokol förklarades med ett för högt pH-värde i substratet (Sandberg u.å.).

1.7 Syfte och frågeställning

Ambitionen med det här odlingsförsöket är att länka ihop tidigare studier med sågspån som alternativt odlingssubstrat med nyttjande av biokolets buffringsförmåga. Syftet är att undersöka om det går att odla tallplantor i gransågspån med hydrokol eller pyrokol som absorbent. Skiljer sig vitalitet och tillväxt i jämförelse mellan plantor odlade i konventionellt torvsubstrat och plantor odlade i gransågspån som blandats med biokol? Hur skiljer sig näringsläckaget mellan konventionellt odlingssubstrat, gransågspån samt gransågspån blandat med biokol? Hypotesen var att odling i gransågspån blandat med 20 procent biokol (pyrokol eller hydrokol) skulle ge likvärdigt eller bättre

odlingsresultat i jämförelse med odling i enbart torv. Dessutom undersöktes huruvida näringsläckaget var lägre i försöksleden med biokol i jämförelse med försöksleden bestående av enbart torv samt om försöksleden med enbart gransågspån hade ett högre näringsläckage än försöksleden med en blandning av spån och biokol.

2. Material och metod

2.1 Odlingsförsöket

Odlingsförsöket omfattade sådd av tallfrö i totalt fyra olika sorters substrat. Dessa var följande: 1) Mix av gransågspån och hydrokol, 2) mix av gransågspån och pyrokol, 3) rent gransågspån samt 4) kontrollgrupp med torv. Studien omfattade totalt elva försöksled, då plantorna även delades upp i tre olika kvävegivor. Det odlades 100 plantor per försöksled, uppdelat på fyra odlingskassetter med 25 plantor i varje kasset (tabell 1). Frömaterialets proveniens var FP 610 HADE, skördat av tidigare Bergvik Skog AB. Kottarna klängdes 2014 och hade därefter förvarats i frys. Fröna plockades fram ett par dygn innan sådd för att tina upp.

Tabell 1. Förteckning över försöksleden med de olika kombinationerna av substrat och gödslingsnivåer. Torv användes som kontrollgrupp för jämförelse mot testgrupperna med gransågspån blandat med hydrokol eller pyrokol.

Försöksled	Åtgärd	Gödselgiva, g N/m ² /vecka	Upprepningar	Plantantal, st
Fled 1	Kontroll, torv	1,5	4	100
Fled 2	Kontroll, torv	3	4	100
Fled 3	Gransågspån 100%	1,5	4	100
Fled 4	Gransågspån 100%	3	4	100
Fled 5	Gransågspån 100%	6	4	100
Fled 6	Gransågspån 80%, hydrokol 20%	1,5	4	100
Fled 7	Gransågspån 80%, hydrokol 20%	3	4	100
Fled 8	Gransågspån 80%, hydrokol 20%	6	4	100
Fled 9	Gransågspån 80%, pyrokol 20%	1,5	4	100
Fled 10	Gransågspån 80%, pyrokol 20%	3	4	100
Fled 11	Gransågspån 80%, pyrokol 20%	6	4	100

2.2 Förberedelse av odlingssubstrat

Odlingssubstraten blandades i en betongblandare och mellan varje blandning rengjordes blandaren.

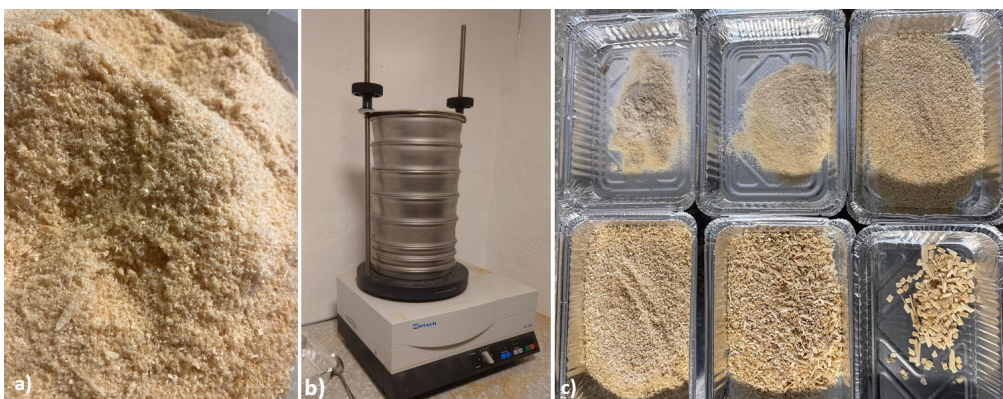
2.2.1 Torv

Torven som användes till kontrollgruppen i odlingsförsöket var *FPM 420 FO* och av märket Kekkilä. Den var grundkalkad med 1,5 kg kalk/m³ och hade ett pH-värde på 6,5, samt ett ledningstal på 0,24 mS/cm⁻¹.

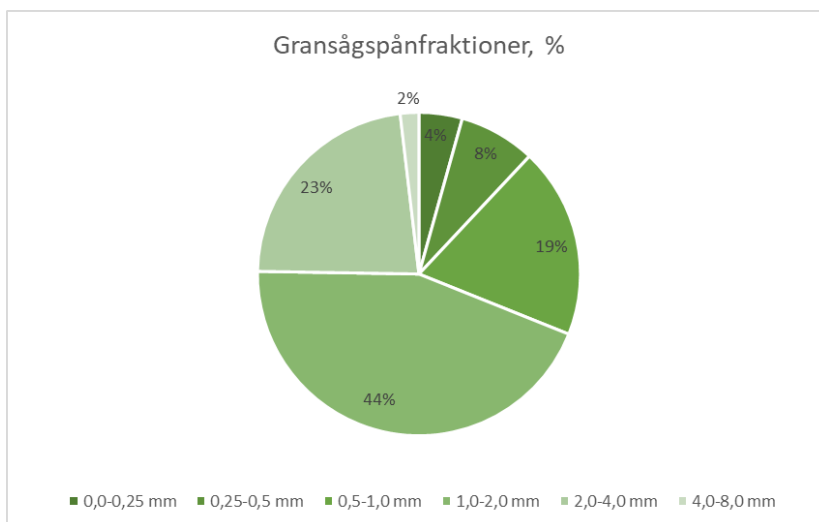
2.2.2 Sågspån

Gransågspånet var färskt (cirka 50% fukthalt i förhållande till råvikt) och kom från ett gransågverk utanför Ullånger (Älgsjö Såg AB). Spånet hade ett pH på 6,6 och ett ledningstal på 0,21 mS/cm⁻¹. Totalt 15 liter gransågspån blandades med 7 liter vatten och fick stå och dra till sig vatten under några dagar i en sluten plastlåda. Vid en stickprovskontroll av gransågspånet som visas i figur 1 a), så visade det sig att substratet hade fraktioner mellan 0 – 8 mm. Gransågspånet utgjordes till 44 procent av en fraktion med 1 – 2 mm stora spånflagor som går att

se i figur 1 c) nedan. Gransågspånet fördelade sig enligt cirkeldiagrammet i figur 2 i de olika fraktionsstorlekarna.



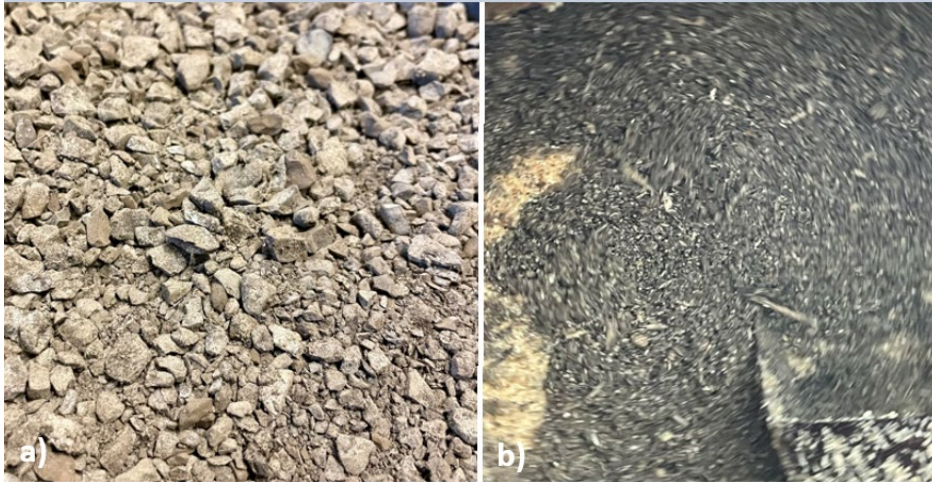
Figur 1. Fraktionstestet. a) Det osorterade gransågspånet. b) Skakmaskinen som användes vid testet. Silarnas maskstorlekar var >8 mm, 8 – 4 mm, 4 – 2 mm, 2 – 1 mm, 1 – 0,5 mm, 0,5 – 0,25 mm & 0,25 – 0 mm. c) De sorterade fraktionerna.



Figur 2. Fraktionsfördelningen i det gransågspån som användes i odlingsförsöket. 150 g gransågspån användes i fraktionstestet.

2.2.3 Hydrokol/Gransågspån

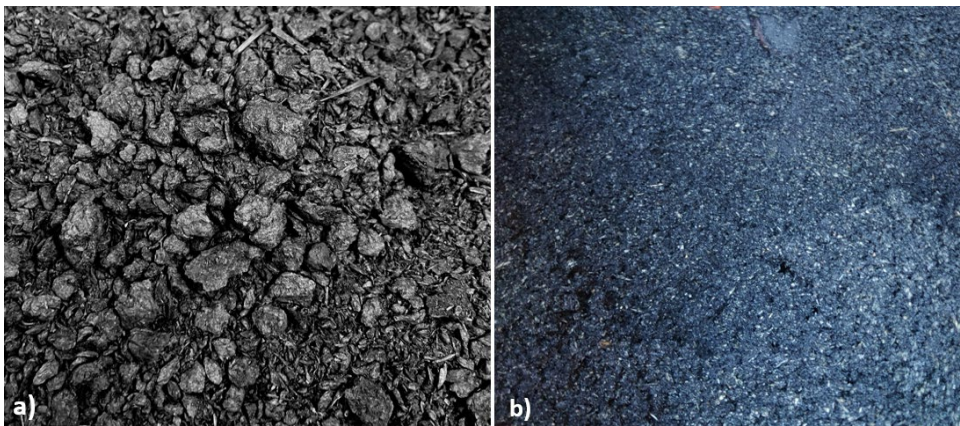
Hydrokolet hade ett pH-värde på 6,5 och ett ledningstal på $1,153 \text{ mS/cm}^{-1}$. Bitarna av hydrokol var storleksmässigt som grus vid leverans, som visas i figur 3 a). Med hjälp av mortel och sil sönderdelades kolet till pulver med en fraktionsstorlek mellan 0 – <2 mm. För att få till en blandning av 20 procent hydrokol och 80 procent gransågspån, blandades tre liter hydrokol med tolv liter gransågspån som fuktades med fem liter vatten. Figur 3 b) visar hydrokol blandat med gransågspån. Även detta substrat fick dra till sig vattnet i några dagar i en sluten plastlåda innan det fylldes i odlingskassetterna.



Figur 3. Substratet hydrokol/gransågspån. a) Hydrokol i obearbetad form. b) Finfördelat hydrokol blandat med gransågspån.

2.2.4 Pyrokol/Gransågspån

Pyrokolet som visas i figur 4 a) hade ett pH-värde på 7,3 och ett ledningstal på $0,435 \text{ mS/cm}^{-1}$. Pyrokolet silades igenom samma sil som användes för det mortlade hydrokolet för att garantera en liknande kornstorlek ($0 - <2 \text{ mm}$). För substratet 20 procent pyrokol och 80 procent gransågspån blandades tre liter pyrokol med tolv liter gransågspån och fem liter vatten. Figur 4 b) visar pyrokol blandat med gransågspån. Odlingssubstratet låg sedan i en tät plastlåda för att suga åt sig vattnet och behålla fukten fram till att det fylldes i kassetterna.



Figur 4. Substratet pyrokol/gransågspån. a) Pyrokol i obearbetad form. b) Finfördelat pyrokol blandat med gransågspån.

2.3 Temperatur och ljusförhållanden

Odlingsförsöket utfördes delvis i laboratorium och växthus med möjlighet att registrera temperatur- och ljusförhållanden. Försöket påbörjades den tredje februari 2023 och temperaturen i odlingsutrymmet ställdes in på $+20 - 25 \text{ °C}$ och LED-belysning som producerade motsvarande $500 - 650$ mikromol användes. Detta för att simulera 18 timmar dagsljus och 6 timmar natt. Till en början, mellan vecka 5 – 15, fick fröna gro och groddarna växa vidare i ett uppvärmt utrymme i anslutning till växthuset innan plantorna flyttades ut till ett tempererat växthus

med tilläggslys i form av LED- lampor. Ljusintensiteten kontrollmättes när naturligt ljus saknades och reglerades så att ljuset från enbart LED-lamporna vid odlingsramens ytterkanter som lägst var cirka 50 mikromol.

Kassetterna placerades slumpvis i odlingsramarna för att undvika kanteffekter och flyttades till nya positioner på ramen med jämna intervaller i samband med gödsling, mätning av höjdtillväxt samt mätning av pH-värde och ledningstal.

2.4 Bevattning och gödsling

2.4.1 Schema för bevattning

Under de tre första odlingsveckorna vattnades plantorna genom att kassetterna ställdes i vattenbad under ca 15 – 20 minuter morgon och kväll för att substratet skulle kunna suga upp vatten utan att riskera att fröna hoppade ur såddhålen, vilket kan hända om man vattnar med slang eller vattenkanna. Vattenslang försedd med spraymunstycke användes varje dag för försiktig vattning ovanifrån för att hålla substratytan fuktig enligt ett bevattningsschema där plantorna vattnades dagligen under morgon och kväll.

2.4.2 Gödslingsnivåer

Gödslingen genomfördes varje måndag mellan 23 februari – 1 maj. I försöket användes ett flytande gödselmedel från Wallco® (tabell 2). Gödslingsnivåerna per vecka var följande: försöksleden med sågspån gavs nivåerna 1,5 g N/ m², 3 g N/ m² samt 6 g N/ m². Kontrollgrupperna med torv fick 1,5 g N/ m² och 3 g N/ m².

Tabell 2. Näringssammansättning av gödselmedelet 1 Wallco®. Enheterna är gram per liter.

Näringssammansättning g/l, gödselmedel Wallco®			
Kväve, N	100	Järn, Fe	0,3
(därav No ₃	60	Mangan, Mn	0,1
NH ₄)	40	Koppar, Cu	0,06
		Zink, Zn	0,14
Fosfor, P	13	Bor, B	0,11
Kalium, K	65		
Svavel, S	9	Molybden, Mo	0,007
Magnesium, Mg	-	Kobolt, Co	-
Kalcium, Ca	-		

2.5 Mätmetoder

Alla mätvärden fördes in i mätblanketter utformade i MS Excel, se bilaga 2.

2.5.1 Kontroll av pH-värde och konduktivitet

Ledningstal och pH mättes varje torsdag i de olika försöksleden. En gång i månaden mättes pH och ledningstal för alla kassetter i alla försöksled. Övriga veckor slumpades två kassetter fram per försöksled för mätning av ledningstal och pH-värden. För mätning av konduktivitet användes en Sension5 från Hach, figur 5

a) och för mätning av pH användes pH55 från Milwaukee, figur 5 b). För att uppnå jämförbara mätvärden, hölls vattentemperaturen på 18 – 22 °C, vilket innebar att proverna ibland fick värmas upp till minst 18 °C innan mätning.



Figur 5. Figuren visar konduktivitetsmätaren och pH-mätaren som användes i försöket. a) Sension5, Hach b) pH55, Milwaukee.

2.5.2 Mätning av höjdtillväxt

Mätning av höjdtillväxt gjordes en gång i veckan från att plantorna börjat gro. Tumstock placerades på odlingskassetten till toppskottets toppknopp för att uppnå en likvärdig mätning för samtliga plantor. En slumpgenerator konstruerad i MS Excel användes för att slumpa fram två av raderna per kassett: 2, 3 eller 4. Sammanlagt tio plantor per kassett mättes för höjdtillväxt. Radernas riktning i kassetten markerades vid sådd.

2.5.3 Barranalys

Barranalysen krävde minst 5 g torrsvikt av toppskott per försöksled. Detta togs ut som ett generalprov där en upp till fyra krukrader per kassett slumpades fram från upprepningarna inom varje försöksled. Detta genomfördes med hjälp av en slumpgenerator konstruerad i Excel. Antalet rader var beroende av plantornas tillväxt. Det krävdes fler rader för de försöksled som hade små toppskott. Det sparades dock minst fem plantor per kassett till andra tester. Toppskotten klipptes av direkt under de nedersta barren på stammen och placerades i papperskuvert och torkas i ugn på 105 °C i 24 timmar för att sedan svalna i en exsickator. Proverna skickades sedan till Intuitionen för Mark och Miljö vid SLU i Uppsala som därefter genomförde analyser för att ta reda på barrrens innehåll av kväve, fosfor, kalium, samt järn och mangan.

2.6 Statistiska analyser

Mätdata från levande plantor samlades in veckovis under studiens gång och fördes in i MS Excel för statistisk bearbetning. För fortsatta analyser av mätvärdena beräknades medelvärden av höjdtillväxten från varje upprepning, och ett medelvärde per försöksled togs fram utifrån vilket spridningsmått och standardavvikelse för varje försöksled kunde beräknas. Medelvärde och

standardavvikelse har även beräknats för pH-värde och ledningstal. Medelvärdet ger ett genomsnittligt värde på t.ex. höjdtillväxten. Standardavvikelsen visar den genomsnittliga avvikelsen från medelvärdet (Stenhag 2021).

2.6.1 Hypotesformel

Vid hypotesprövningen har följande formel använts:

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

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

2.6.2 Torrsvikt, rötter och toppskott

Vid odlingsförsökets slutskede så slumpades kassettrader fram beroende på hur många plantor som fanns kvar efter uttaget till barranalysen. Det plockades ut fem stycken plantor per kassett, totalt 20 plantor per försöksled. Dessa rengjordes och klipptes av vid det s.k. jordbandet där plantan övergår från rot till skott. Dessa växtdelar placerades i kuvert för torkning i ugn på 105 °C i 24 timmar.

Växtdelarna fick svalna i exsickator innan de vägdes på analysvåg med hög precision och vikten noterades i gram med fyra decimaler.

2.6.3 Dicksons kvalitetsindex (QID) samt rot/skott-kvot

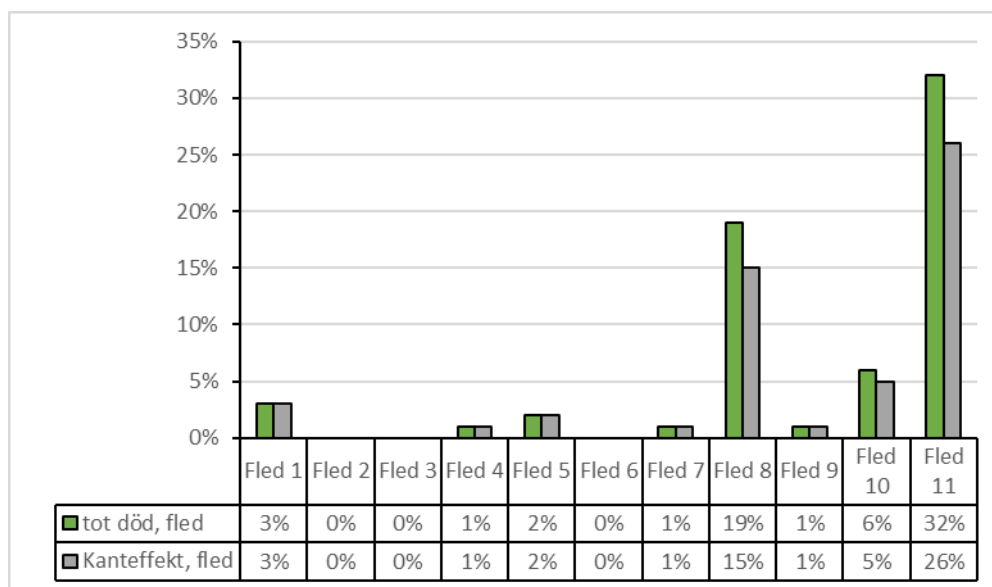
Fem plantor per kassett användes som underlag till att beräkna rot/skottkvot samt Dicksons kvalitetsindex. I de kassetter som hade fler än fem plantor kvar, valdes representativa plantor ut för att spegla variationen i tillväxt. Plantorna sköljdes rena och klipptes av vid jordbandet där roten övergår i stam. De placerades sedan i varsitt kuvert och torkades i ugn på 105 °C i 24 timmar. Därefter placerades proverna i exsickator för att svalna och vägdes slutligen på analysvåg. QID – formeln speglar vitaliteten hos plantan och resultatet ger en uppskattning av förmågan att överleva i fält. Ett högre indexvärde tyder på bättre förutsättningar för plantans förmåga att överleva i fält. Indexvärdet anses vara en god indikator för kvalitet eftersom det uttrycker ett värde kopplat till robusthet och biomassa-fördelning (Binotto et al. 2010).

$$QID = \frac{\text{Total torr vikt (g)}}{\frac{\text{Skottets höjd (cm)}}{\text{Stammens diameter (mm)}} + \frac{\text{Skottets torra vikt (g)}}{\text{rotens torra vikt (g)}}}$$

$$\text{Rot/skott - kvot} = \frac{\text{Rotens torra vikt (g)}}{\text{Skottets torra vikt (g)}}$$

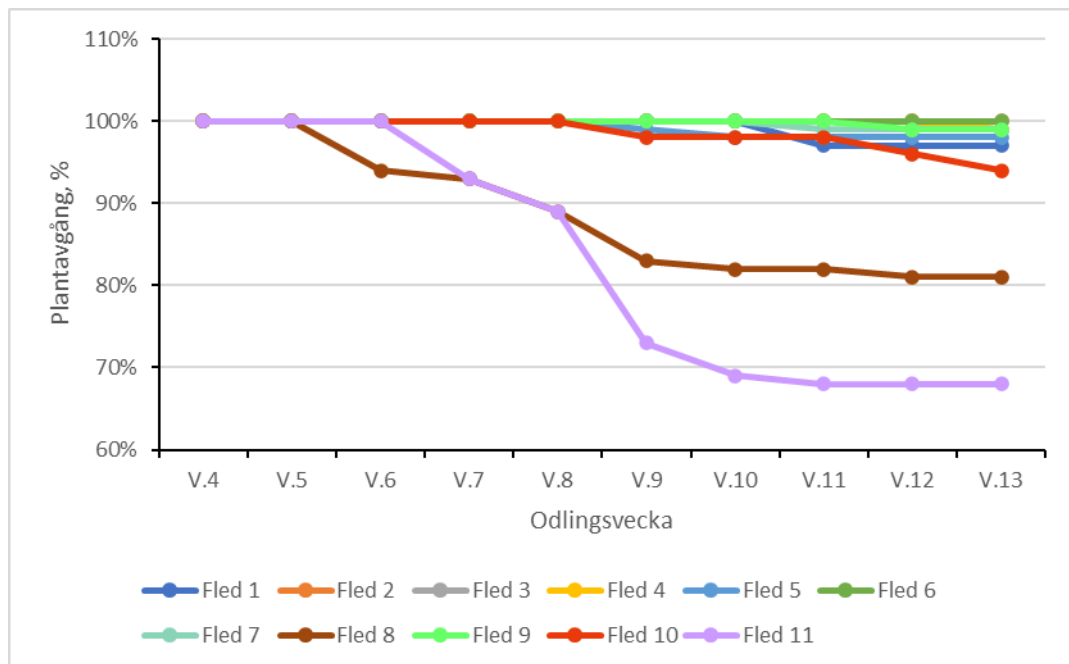
3. Resultat

3.1 Överlevnad



Figur 6. Andelen döda plantor i kanten jämförd med alla plantor i ett försöksled.

Överlevnadsgraden skiljde sig markant mellan de olika försöksleden (figur 6). Den totala plantöverlevnaden var 94 procent baserat på alla försöksled. Majoriteten, 82 procent av plantorna som dog under försöket växte på kanten av kassetterna. Vissa av dessa plantor har skadats i hanteringen under odlingsförsöket, till exempel genom att kassetter tappats eller plantor blivit tillplattade (fled 1). Andra orsaker till att plantor dog berodde sannolikt på odlingsförhållandena så som värme, bevattning och konkurrens. De flesta plantor som har dött kom ifrån försöksled 8 och 11 som hade en överlevnadsgrad på 81 procent respektive 68 procent. För båda dessa två försöksled var gödselgivan 6 g kväve per vecka och substraten var i båda fallen biokolsblandningar med gransågspån. Försöksleden med hydro- och pyrokol (fled 6 – fled 11) hade generellt lägre överlevnadsgrad än försöksleden med torv och 100 procent gransågspån (figur 6).



Figur 7. Plantavgång (%) under försöksperioden för respektive försöksled.

Under odlingsvecka 5 började planter dö i större utsträckning vilket sammanträffade med beslutet om att sluta hjälplantera dubletter från andra kassetter inom samma försöksled. Anledningen till beslutet var att rötterna började bli för stora för att kunna planteras om utan att skada plantorna de växte tillsammans med, alternativt för att plantan inte längre utan problem skulle kunna etablera sig i den nya krukans. Planter i försöksleden 8 och 11 hade svårare att etablera sig och överleva jämfört med de andra försöksleden (figur 7). Under odlingsvecka 10 flyttades odlingsförsöket ut i växthuset vilket stabiliserade plantorna i försöksleden 8 och 11 och plantavgångarna upphörde. Övriga försöksleds plantavgångar var opåverkade av planteringsstoppet och flytten ut till växthuset. Det bildades även dubbelbarr och knoppar i alla försöksled efter flytten (figur 8).

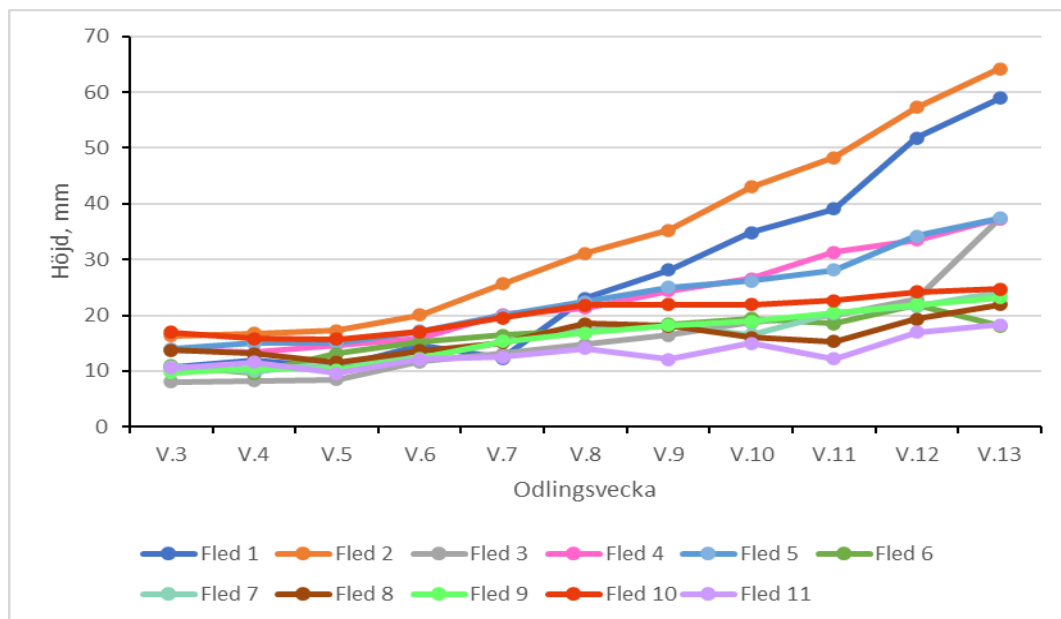


Figur 8. Flertalet planter utvecklade dubbelbarr och satte knopp efter att de flyttades från laboratoriet till växthuset. a) Tallplanta med toppknopp b) tallplanta med dubbelbarr c) tallplanta med dubbelbarr.

3.2 Morfologisk analys

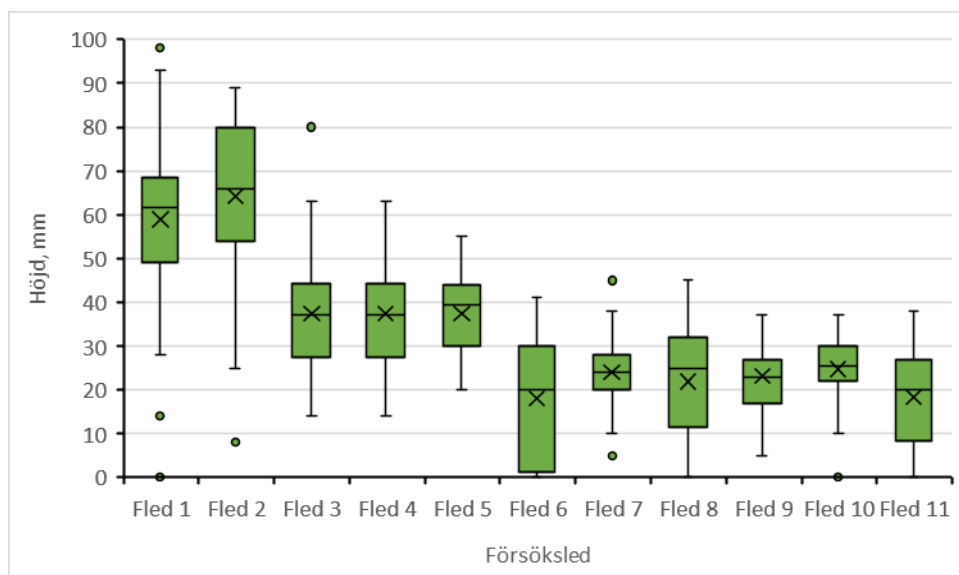
3.2.1 Höjdtillväxt

Höjdtillväxten skiljde sig mellan de olika försöksleden under odlingsperioden (figur 9). Kontrollgrupperna, försöksled 1 och 2 (torv med 1,5 g N/m², samt torv med 3 g N/m²) visade en stabil tillväxt, medan övriga försöksled låg kvar på en lägre tillväxttakt under en längre tid. Under den avslutande delen av odlingstiden ökade även tillväxten för försöksleden med 100 procent gransågspån (försöksled 3 – 5), medan plantorna i gransågspån blandat med hydrokol, samt gransågspån och pyrokol fortfarande hade en lägre tillväxtnivå.



Figur 9. Figuren visar plantornas genomsnittliga höjdtutveckling (mm) för respektive försöksled under odlingsförsöket.

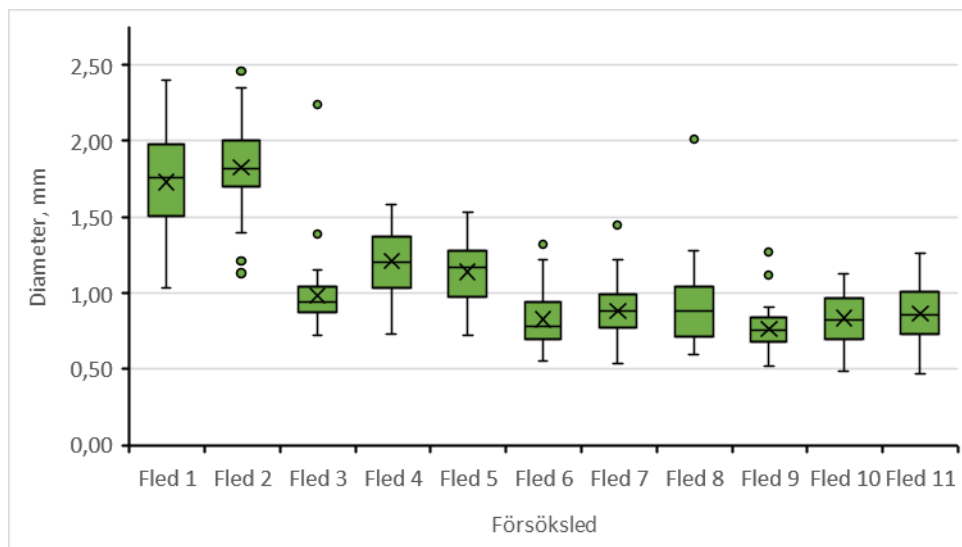
Spridningen kring höjdtillväxtens medelvärde var stor för flera försöksled (figur 10). Största spridningen i höjdtillväxt konstaterades i försöksled 2 (torv med 3 g N/m²) med en standardavvikelse på 17,2 medan den minsta spridningen återfanns i försöksled 10 (20 procent pyrokol blandat med 80 procent gransågspån med 3 g N/m²) med en standardavvikelse på 5,9. Med undantag för försöksled 1 och 4 (kontrollgrupp, torv med 3 g N/m² och gransågspån med 1,5 g N/m²), hade resterande försöksled en standardavvikelse på 8,6 kring medianvärdet.



Figur 10. Spridning kring medelvärdena för total höjdtillväxt (mm) vid slutinventering för respektive försöksled. Slutmätning genomförd kalendervecka 18 efter 13 veckors odling. Medelvärden markerade med kryss och median markeras med en linje i boxarna. Extremvärden markeras som punkter.

3.2.2 Stamdiameter

Det fanns en stor spridning avseende plantornas stamdiameterfördelning i odlingsförsöket där den största diametern var 2,46 mm och den minsta 0,47 mm. Plantorna som växte i torv (fled 1 och 2) hade i slutet av försöket uppnått den största diametern. I försöksleden med gransågspån och biokolblandningar var spridningen mindre med en standardavvikelse på 0,196, jämfört med försöksleden med torv som hade en standardavvikelse på 0,311. Plantor odlade i biokol hade en liknande diametertillväxt oberoende av vilken biokolsort (hydrokol eller pyrokol) som de odlats i, och vilken gödselnivå som använts. Plantor odlade i gransågspån hade producerat lite större diametrar på nivåer mellan biokolsblandningarna och kontrollgruppen (figur 11).



Figur 11. Figuren visar medeldiameter (mm) per försöksled. Slutmätning genomförd kalendervecka 18 efter 13 veckors odling. Medelvärde markeras med kryss och median markeras med streck. Extrema värden är markerade med punkter.

3.2.3 Rot- och skottbiomassa

På liknande sätt som för egenskaperna höjdtillväxt och diameter hade plantorna i kontrollgrupperna, försöksled 1 och 2, den högsta rot- samt skottbiomassan (tabell 3). Försöksleden med biokol hade mellan 73 – 79 procent lägre rotvikt än kontrollplantorna i försöksled 2. För toppskotten var skillnaden större. Försöksleden med biokol hade mellan 83 – 87 procent lägre torrsvikt. Det gick inte att se något samband mellan dessa skillnader och gödslingsnivå.

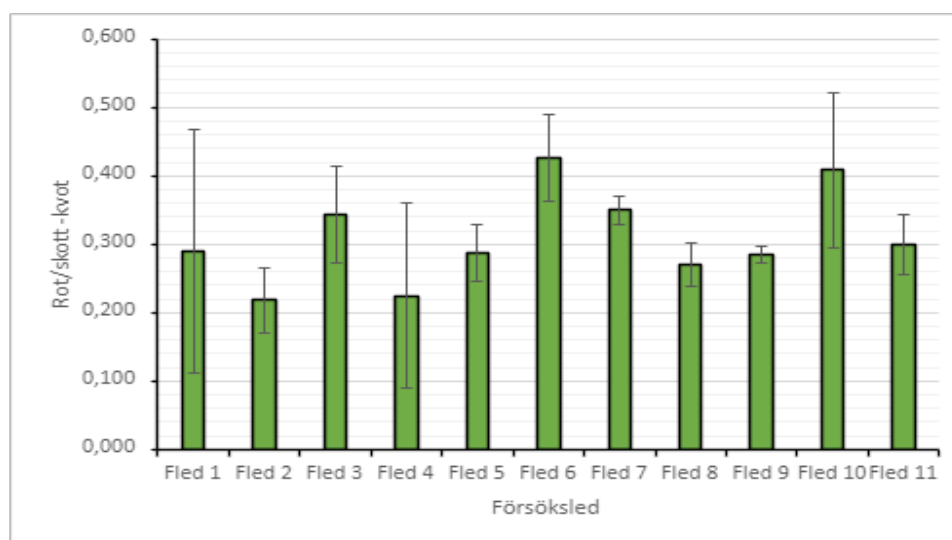
Även om plantorna i denna studie hade jämförelsevis höga och till synes välväxta skott, så var det stor skillnad på biomassa (gram). Försöksled 5 hade över 50 procent lägre torrsvikt än försöksled 2. Hypotesprövningen bekräftade dessa resultat med en 99,95 procent säkerhet. Vid jämförelse med försöksled 5 (100 % gransågspån, 6 g N) mot grupperna med biokol, var skillnaden mindre än vid jämförelse mot kontrollgrupperna. Rotbiomassan var mellan 34 – 52 procent lägre än för försöksled 5. När det gällde torrsvikt för toppskotten var skillnaden 46 – 61 procent. Skillnaderna i torrsvikt följde också kvävegivan per vecka och försöksleden som fått mer gödsel uppvisade mindre skillnad i jämförelse med försöksled 5. Hypotesen att plantor odlade i biokol växte lika bra eller bättre gick inte att slå fast vid en prövning. Hypotesen förkastades vid en signifikansnivå på 0,05 procent, så med 99,95 procent säkerhet stämde mothypotesen att plantor odlade i torv växt bättre i jämförelse med samtliga försöksled innehållande biokol (6 – 11).

Tabell 3. Medelvärde och standardavvikelse för torrvikter av rotbiomassa och toppskottbiomassa för respektive försöksled.

Försöksled	Åtgärd	Gödselgiva, g kväve/m ² / vecka	Medeltorrsvikt, rötter, g	Standardavvikelse	Medeltorrsvikt, toppskottbiomassa, g	Standardavvikelse
Fled 1	Kontroll, torv	1,5	0,1314	0,067	0,4903	0,150
Fled 2	Kontroll, torv	3	0,1270	0,025	0,5992	0,156
Fled 3	Gransågspån 100%	1,5	0,0476	0,002	0,1426	0,024
Fled 4	Gransågspån 100%	3	0,0641	0,015	0,3507	0,160
Fled 5	Gransågspån 100%	6	0,0540	0,006	0,1888	0,013
Fled 6	Gransågspån 80%, hydrokol 20%	1,5	0,0319	0,008	0,0744	0,011
Fled 7	Gransågspån 80%, hydrokol 20%	3	0,0359	0,009	0,1017	0,019
Fled 8	Gransågspån 80%, hydrokol 20%	6	0,0257	0,008	0,0941	0,023
Fled 9	Gransågspån 80%, pyrokol 20%	1,5	0,0283	0,004	0,0998	0,017
Fled 10	Gransågspån 80%, pyrokol 20%	3	0,0333	0,006	0,0841	0,019
Fled 11	Gransågspån 80%, pyrokol 20%	6	0,0283	0,008	0,0942	0,026

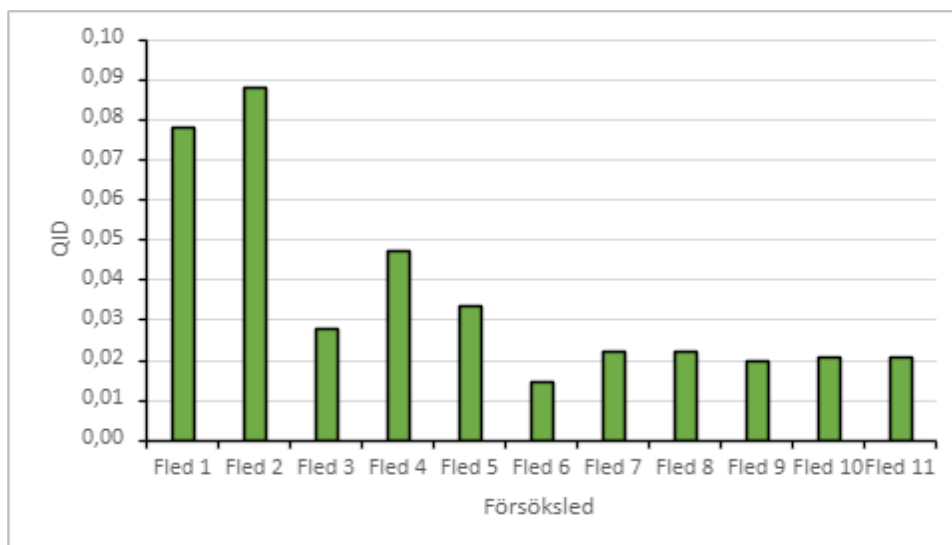
3.2.4 Rot/skott-kvot och kvalitetsindex (QID)

Rot/skott-kvoten visar balansen mellan rot och skotttillväxten. I detta försök var det i försöksled 6 – 8 gransågspån blandat med hydrokol som effekten av näringstillgången var tydligast. Dessa försöksled hade även lägst standardavvikelse mellan 0,021 – 0,063 (figur 12). Försöksled 6 som fick 1,5 g N/m² hade klart störst rötter, jämfört med försöksled 8 som fick 6 g N/m². En liknande trend gick att se för kontrollgrupperna försöksled 1 – 2. För försöksleden 9 – 11 med gransågspån blandat med pyrokol kunde inte samma tydliga effekt av gödselnivåerna observeras. Det var också högst avgång i dessa försöksled totalt. Även om dessa försöksled inte haft samma tillväxt som till exempel försöksleden med torv och gransågspån, så var plantorna från försöksled 6 och 10 balanserade mellan rot och skott.



Figur 12. Medelvärde för rot/skott-kvot per försöksled. Felstaplarna visar standardavvikelsen för rot/skott-kvot per försöksled. Standardavvikelsen baseras på medelvärden per kassett, N=4.

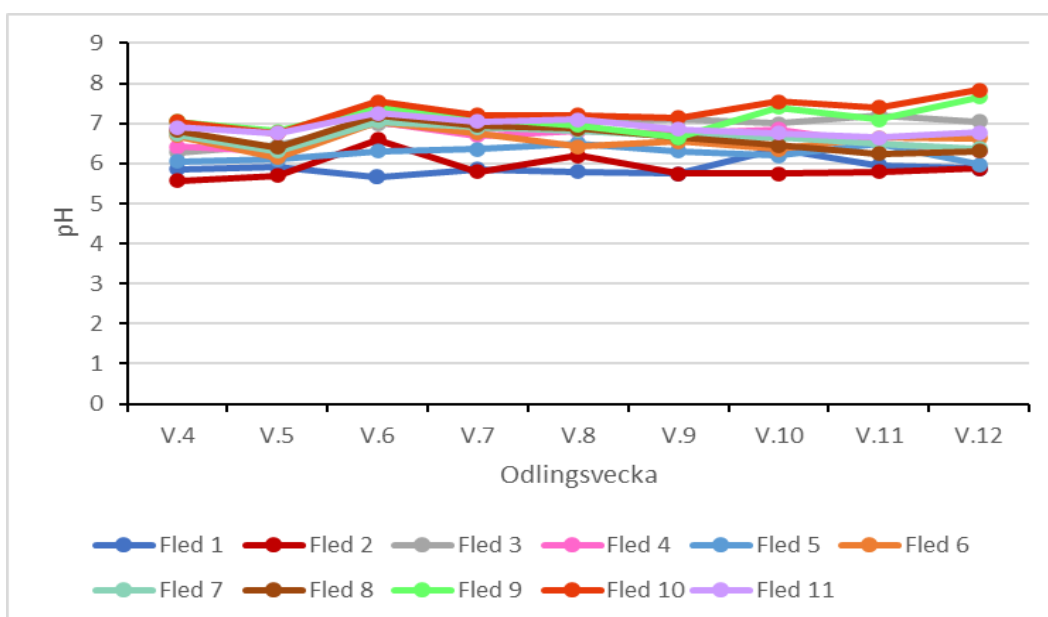
När det gäller Dicksons kvalitetsindex (QID), så ger en stor diameter ett stort utslag på resultatet. Försöksled 1 och 2 hade de största diametrarna och fick därför det högsta QID-värdet (figur 13). Försöksled 6 som hade liten stamdiameter och låg höjdtillväxt, fick också lägsta värdet på QID.



Figur 13. Dicksons kvalitetsindex för respektive försöksled. Höga värden på QID indikerar en mer robust planta, som sannolikt har bättre förutsättningar att klara en etablering i fält.

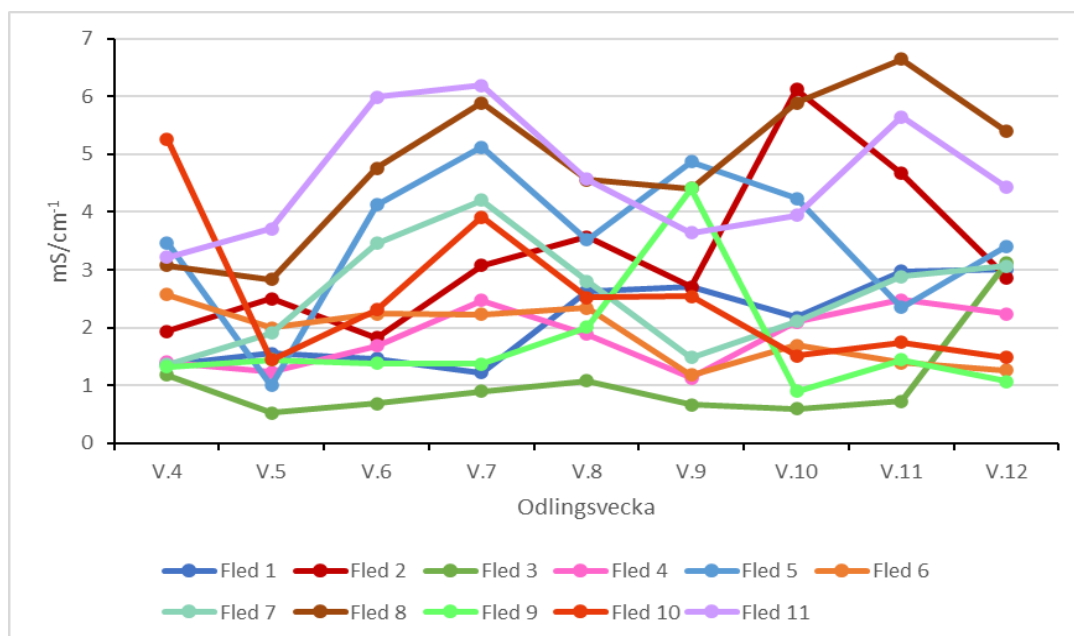
3.3 Konduktivitet och pH

För alla försöksled var pH-nivåerna stabila under hela odlingsförsöket (figur 14). Den största standardavvikelsen var 0,32. Under odlingsförsöket var pH - värdena generellt för höga för att odlingsmiljön skulle kunna klassas som optimal. Enligt (Wennström et al. 2016) så ska pH - värdena ligga mellan 5 – 6 för att ge god tillväxt och det var bara försöksled med torv som låg inom det intervallet. Blandningar med pyrokol hade de högsta pH-värdena, över sju, medan övriga försöksled hade pH - värden mellan 6 – 7.



Figur 14. Sammanställning av de pH-medelvärden som varje vecka uppmätts i de olika odlingssubstratens pressvatten.

Ledningstalen fluktuerade kraftigt inom de flesta försöksleden utom för försöksled 3, 100 procent gransågspån med 1,5 g N/m². Detta försöksled hade ett medelvärde på 1,238 mS/cm⁻¹ med en standardavvikelse på 1,73. Försöksled 8 hade högsta medelvärdet på 4,707 mS/cm⁻¹ med en standardavvikelse på 1,36 (figur 15).



Figur 15. Medelvärde för ledningstal som under varje odlingsvecka mätts i pressvattnet från respektive försöksled.

Sett till kvävegivorna, så ökade ledningstalen i linje med ökade kvävegivor. Försöksleden som fick 1,5 N/ m² per vecka hade lägst medelvärde på 1,75 mS/cm⁻¹ och standardavvikelse på 0,40 (tabell 4), medan försöksleden som fick 6 g N/ m² hade det högsta medelvärdet på 4,26 mS/cm⁻¹ och en standardavvikelse på 0,57.

Tabell 4. Medelvärden för ledningstal i pressvattnet i enheten mS/cm⁻¹ för respektive gödslingsnivå med kvävenivåerna 1,5 g, 3 g och 6 g, samt standardavvikelse.

<i>Kvävenivå, Medelvärde, Standardavvikelse</i>		
<i>g</i>	<i>mS/cm⁻¹</i>	
1,5	1,75	0,40
3	2,55	0,53
6	4,26	0,57

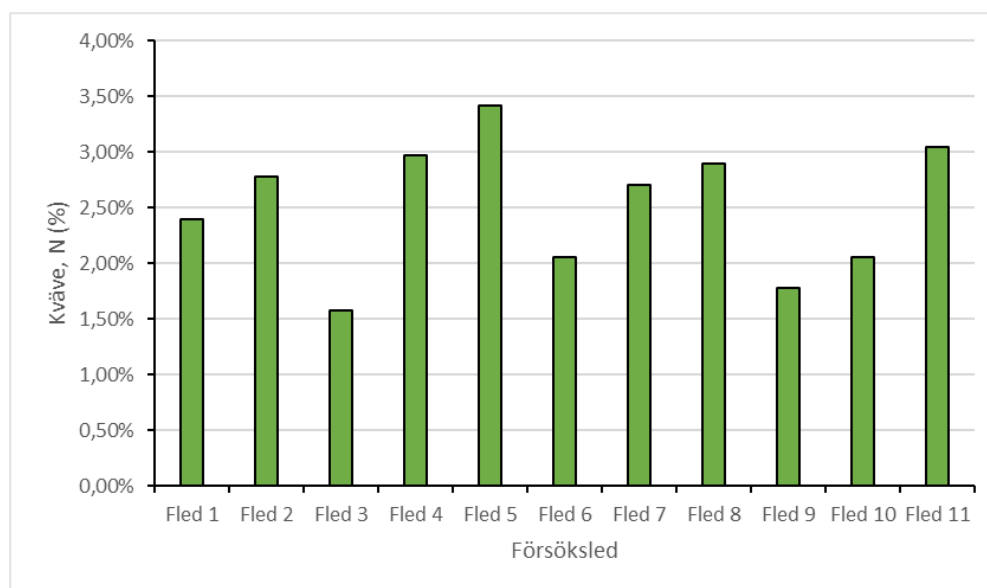
3.4 Näringsinnehåll i barr

Näringsanalysen för fosfor, kalium, mangan och järn visade inga entydiga resultat. Järnnivåerna var generellt lägre i barr och skottdelar från försöksleden med ett högre pH-värde. Försöksled 3, 9 och 10 hade alla ett pH mellan 6,8 – 7 och även de hade de lägsta järnnivåerna i barr och skottdel (tabell 5). Försöksled 1 och 2 som hade ett pH-värde på 5,8 hade tagit upp mer mikronäringsämnen generellt.

Tabell 5. Näringsinnehåll i barr och skottdel för respektive försöksled uppdelat i mängden fosfor, kalium, mangan och järn.

Försöksidentitet	Fosfor, P (g/kg)	Kalium, K (g/kg)	Mangan, Mn (g/kg)	Järn Fe, (g/kg)
Försöksled 1	2,81	13,50	0,24	0,07
Försöksled 2	3,12	15,19	0,33	0,09
Försöksled 3	1,32	21,22	0,21	0,03
Försöksled 4	2,93	19,66	0,33	0,05
Försöksled 5	2,87	16,00	0,29	0,06
Försöksled 6	1,10	15,04	0,24	0,06
Försöksled 7	2,12	15,89	0,25	0,07
Försöksled 8	2,65	16,52	0,21	0,08
Försöksled 9	1,10	21,54	0,07	0,03
Försöksled 10	1,37	23,74	0,10	0,04
Försöksled 11	2,21	22,46	0,11	0,05

Kväveanalysen visade ett tydligt samband mellan kvävehalt i barr och skottdel kopplat till gödselgiva (figur 16). De försöksled som fick 1,5 g N/m² hade också lägre kvävehalt i jämförelse med de som fått 3 g- och 6 g N/m².



Figur 16. Kvävehalt i barr- och skottdelsproverna för respektive försöksled.

4. Diskussion

Torv och torvbrytning är idag ett omtalat ämne och många vill återställa våtmarker till sitt ursprung för ökad kolbindning och biodiversitet. Det kan leda till torvbrist i framtiden, så det är viktigt att hitta alternativ till torv som odlingssubstrat. Idag finns det inga bra alternativ till torv för odling av skogsplanter och när det gäller användande av biokol är det ett relativt nytt forskningsområde där kunskap saknas. Vårt odlingsförsök är en bra början för att testa nya alternativ och kanske till och med minska gödselåtgången, och på sikt även beroendet av torv.

I det här odlingsförsöket har vi valt att titta på tillväxt och vitalitet hos plantan för att avgöra om plantorna som odlats i gransågspån blandat med biokol fick en bättre tillväxt än kontrollplanter odlade på konventionellt sätt i torv med en normal gödselgiva med 3 g N/m^2 och vecka. Det gjordes en enhetlig blandning av substrat med 20 procent biokol och 80 procent gransågspån. Blandningen var dels baserad på tidigare studier, där vi såg att liknande proportioner använts och detta förenklade också momentet med att blanda substrat för att minska risken för felkällor. Det finns inte så många studier där hydrokol och pyrokol blandats med alternativa substrat som exempelvis sågspån, så det var också ett medvetet val att använda en kolinblandning. Det hade varit ett examensarbete i sig att testa olika nivåer av kolinblandning i sågspån. Valet av sågspån, dvs vilket träslag sågspånet skulle komma ifrån baserades på en tidigare studie (Mattsson 1996) från 1990 – talet där gransågspån visat sig vara fördelaktig jämfört med tallsågspån. Även gödselnivåerna hämtades från Mattsson (1996), men gödslingsnivån 6 g N/m^2 valdes bort för torv, då den ökade gödselgivan där inte förväntades ge bättre planttillväxt. Försöket kompletterades med en lägre gödselgiva motsvarande $1,5 \text{ g N/m}^2$ för att undersöka buffringsförmåga. Huvudsyftet med denna studie var att undersöka om det gick att använda gransågspån som substrat vid odling av skogsplanter, och om viss inblandning av biokol kunde minska näringsläckaget från odlingskassetterna.

Odlingsförsöket visade att det var möjligt att odla tallplanter i ett substrat bestående av gransågspån och biokol (figur 17 – 19), men att fler studier gällande lämplig andel biokol behöver genomföras. Kontrollgrupperna med torv hade högst tillväxt i alla mätningar med avseende på höjd, diameter och biomassa. De hade också tagit upp mest av mikronäringsämnen. Där samplen var tillräckliga för hypotesprövning, bekräftades vår mothypotes gång på gång - att planter odlade i torv växt bättre än i försöksleden med biokol och gransågspån. Torvodlingen resulterade också i högst QID-värde. De stora individuella skillnaderna i höjdtillväxten gjorde dock att tallplantorna i torv fick en lägre rot/skott-kvot. Där låg istället försöksled 6 och 10 bättre till och var de enda två försöksleder som kvalade in i det rekommenderade spannet för rot/skott-kvoten som ligger mellan $0,37 - 0,45$ för tall enligt Rytter & Ericsson (2000).



Figur 17. Jämförelse av försöksleden med gödselnivå, 1,5 g N/m²/vecka. Fled 1; kontrollgrupp torv. Fled 3; 100 procent gransågspån, Fled 6; 20 procent hydrokol blandat med 80 procent gransågspån, Fled 9; 20 procent pyrokol blandat med 80 procent gransågspån.



Figur 18. Jämförelse av försöksleden med gödselnivå, 3 g N/m²/vecka. Fled 2; kontrollgrupp torv. Fled 4; 100 procent gransågspån, Fled 7; 20 procent hydrokol blandat med 80 procent gransågspån, Fled 10; 20 procent pyrokol blandat med 80 procent gransågspån.



Figur 19. Jämförelse av försöksleden med gödselnivå, 6 g N/m²/vecka. Fled 5; 100 procent gransågspån, Fled 8; 20 procent hydrokol blandat med 80 procent gransågspån, Fled 11; 20 procent pyrokol blandat med 80 procent gransågspån.

Missfärgningar på plantorna kan tyda på övergödning eller brister av vissa näringsämnen men det är svårt att säga exakt vilka mängder eller ämnen som orsaker dessa. De höga pH-värdena (figur 14) och de olika gödselgivorna kan vara två orsaker till missförhållandena men det är svårt att tyda utifrån barranalysen.

Överlevnaden varierade mellan de olika försöksleden. Försöksleden med biokol hade stora avgångar redan från början, men detta syns inte i statistiken förrän under odlingsvecka 10 då omplanterarna slutade. I övriga försöksled var avgångarna försumbara. Den totala plantöverlevnaden slutade på 94 procent. Troliga orsaker till plantavgång var hanteringen av kassetterna, men också själva miljön de vistades i. Ett par veckor efter flytt ut till växthuset noterades att många plantor i samtliga försöksled hade utvecklat dubbelbarr och satt knopp, utan någon föregående viloperiod. Detta kan tyda på stress hos plantan.

Samtliga försöksled uppvisade höga pH-värden under hela försöket (figur 14), medan värdena på ledningstalen växlande kraftigt i de flesta försöksleden (figur 15) utom för försöksled 3 (100 procent gransågspån med 1,5 g N/m²). Det är svårt att avgöra vad de växlande ledningstalen berodde på. Under odlingsperioden noterades temperatur, men vi såg inget klart samband mellan temperatur i laboratoriet och växthuset och nivåerna på ledningstal. Inte heller om proverna mättes vid en vattentemperatur på +18 C eller upp till + 20 °C. Biokolet finfördelades med mortel innan blandning av substrat och fraktionsstorleken <2 mm är mycket mindre än vad som användes i tidigare försök som vi studerat. Det är möjligt att en större fraktionsstorlek skulle minska risken för kompaktering vid vattning och även påverka ledningstal och pH-värde.

4.1 Jämförelse med befintlig kunskap

I sammanfattningen av projektet Närskog2 (Sandberg u.å.) varnades för riskerna med höga pH-värden vid inblandning av 30 procent biokol och 70 procent torv. Lägre proportioner med 15 procent biokol och 85 procent torv ansågs vara mer lämpligt ur denna synpunkt (Sandberg u.å.). Vi registrerade också höga pH-värden. Det var svårt att jämföra resultaten med slutrapporten från Närskog2, då odlingsperioden inte framgick i texten, men våra QID-värden för pyrokol var i samma storleksordning som i den studien. Biokolet som användes till vårt försök finfördelades då det kom med en stor fraktionsspridning och skulle gå ned i odlingskassetterna. Fraktionsstorleken <2 mm är dock mycket mindre än vad de är i andra försök som vi studerat.

I studien av Mattsson (1996) fick plantorna möjlighet att växa under en hel vegetationsperiod, medan våra plantor endast växte i 13 veckor. I Mattssons (1996) studie var tallplantor odlade i gransågspån med 6 g N/m² och kontrollgruppen med 3 g N/m² liknade när det gällde höjdtillväxt och vitalitet. Detta överensstämde till viss del med vår studie, där försöksled 5, 100 procent gransågspån med 6 g N/m² hade liknande höjdtillväxt som försöksled 2, torv 3 g N/m². Samma sak gällde resterande parametrar som diameter och biomassa. Det är möjligt att de större skillnaderna i vår studie skulle gradvis skulle minska under

en längre försöksperiod. Det gäller även vid jämförelse av resultaten från Närskog2 (Sandberg u.å.).

4.2 Felkällor

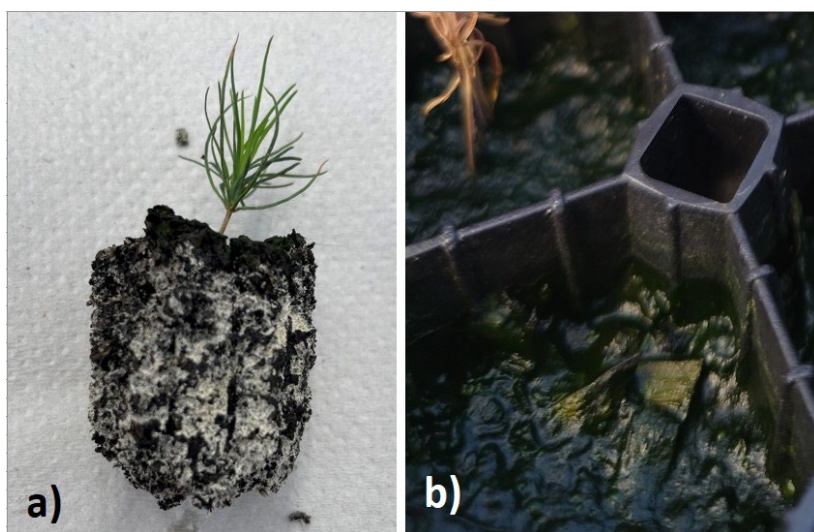
Vi ser att handhavandefel med mätutrustning är en möjlig felkälla, som både kan ge systematiska fel och eller fel i enskilda fall. Mätaren för konduktivitet har en lång stabiliseringstid innan den kan leverera ett värde. Helst ska temperaturen på vattenprovet vara lika för alla mätningar, för att ge jämförelsebara resultat. Vi använde intervallet 18 – 20 grader varmt vatten som ett riktvärde vid mätning. Även pH-mätaren hade ibland lång analyseringstid. En snabbavläsning kan därför ha gett ett felaktigt resultat i vissa fall.

Blandningen av substrat gjordes i två steg. Dels sönderdelades biokolen i mortel, så de kunde siktas genom en sil. Sedan blandades sågspån och det aktuella biokolet i cementblandare. Denna blandning kan ha blivit ojämn, då det bildades klumpar i substratblandningen under blandningsprocessen.

Ett flertal groddar i testgrupperna drabbades av rotränningar – roten snurrar på ytan av substratet istället för att söka sig nedåt i krukans. När vi hjälpplanterade ned rötterna i substratet, så märkte vi att både hydrokolblandningen och pyrokolblandningen var oväntat kompakt efter att dessa bevattnats några gånger. Detta kan ha berott på att biokolen blev sönderdelade i för små fraktioner. I tidigare studier så har biokolen använts i pelleterad form. Vi valde att sönderdela biokolen för att skapa en homogen fraktionsfördelning, då kornstorleken skilde sig åt mellan de båda biokolsorterna.

Groningen blev förskjuten en vecka troligen på grund av att kassetterna placerades för kallt och eller att dåligt frömaterial användes. Därför gjordes en andra sådd under vecka 6. Detta gjorde att vi i flera fall fick flera plantor per kruka när väl groningen satte igång. När groningsfasen var över så märkte vi att plantor främst i försöksleden med biokol tappade vitaliteten och ett flertal plantor dog. Eftersom det fanns många krukor med två plantor i varje så flyttade vi över plantor till de tomma krukorna för att få kompletta upprepningar inom varje försöksled. Vecka 10 var plantorna så pass stora och rötterna så långa att de var svårt att plantera om dem och i vissa försöksled var det slut på extraplantor. För en bättre statistik, så skulle detta ha dokumenterats mer noggrant om vilka plantor som hade ersatts. Omplanteringsstoppet syns direkt i statistiken som en starkt nedgående trend för framförallt försöksled 8 och 10. Det finns inga siffror på varför plantorna i fled 8 och fled 11 började dö under odlingsvecka 11. Ledningstalen fluktuerade lika mycket både innan och efter flytt ut i växthuset och pH-värdena var stabila genom hela försöksperioden. Vår teori är att plantorna redan var hårt ansatta pga. dålig rotutveckling, varmt klimat, tillväxt av mögel och alger (figur 20), övervattning och låg syrehalt i krukorna. Tvärtom så stabiliserades försöksled 8 och 11 med flytten ut till växthuset vecka 15 och plantavgångarna upphörde. Det är svårt att säga vilken effekt mögel och alger hade på plantorna. Det var ingen ökad avgång i

krukor drabbade av mögel, däremot tog det längre tid för vattnet att tas upp i krukans där det var tjocka lager av mögel och alger på substratytan.



Figur 20.) Möglig planta. b) Algtillväxt på substratets yta.

I försökets början, så placerades odlingskassetterna i en ram som stod på två tomma RGC-bad i ett utrymme mellan laboratoriet och växthuset. Ljusstyrkan sattes till cirka 275 – 290 mikromol under gröningsfasen. Efter en period, så justerades ljusstyrkan till 500 – 650 mikromol.

Mätning av plantornas höjd var enkel till en början, då plantorna fick sina första barr. Det var en tydlig avgränsning från stammen och toppskottet. När plantorna utvecklades mer, och vi fick börja leta efter toppknoppen, utan att skada de känsliga plantorna, så blev höjdmätningen svårare. Istället för den tydliga avgränsningen, så blev det en viss bedömning av vart det var rimligt att bestämma höjden.

Plantorna bevattnades enligt ett schema två gånger per dag. Det var även då plantorna kontrollerades, temperaturen i odlingsrummet kunde justeras och vi bedömde hur mycket plantorna behövde bevattnas. Ansvaret att ta hand om plantorna i odlingsförsöket delades med två andra studenter som också genomförde ett odlingsförsök i samma lokaler. Det kan innebära att vi kan ha missat vissa observationer och att viss information inte nått fram avseende vattenmängd eller andra viktiga parametrar. Vissa kommunikationssvårigheter förekom åt både hållen och kan ha påverkat resultatet.

Vid vägning av rot och skottbiomassa så hade vissa plantmaterial torkat fast i kuverten biomassan torkats i. Eftersom då inte exakt allt torkat plantmaterial kunde vägas in så kan rot- och skottvikterna innehålla vissa felmarginaler. De torkade proverna av rötter och skott hade väldigt låga vikter, vilket gör värdena något osäkra. Även mätning av diametertillväxten är berörd av denna osäkerhet. Skjutmåttets placering hade stor påverkan på våra mätvärden som var väldigt små. Det var lätt att skjuta ihop skjutmått för hårt om plantan eller mäta på fel ställe på stammen.

Näringsanalysen för fosfor, kalium, mangan och järn visade inga entydiga resultat (tabell 5). Samtliga värden gällande kväveinnehåll i barr och skottdel (figur 16) låg inom det av Båth (2003) rekommenderade intervallet 1 – 5. Vid uttaget för barrprovsanalysen krävdes fler plantor för de försöksled som hade en sämre tillväxt. Detta för att nå upp till cirka fem gram torrsvikt per prov. Resultatet av barranalysen kan ha påverkats av att det blev fler stamdelar i dessa prov, i jämförelse med försöksled med högre tillväxt. Detta kan ha gjort att det blev svårare att utläsa samband för försöksleden med biokol.

För att undersöka om det var kombinationen sågspån och biokol som gjorde att plantorna inte växte lika bra som kontrollgruppen, så hade det varit intressant att ha ytterligare försöksled med biokol och torv där gödselgivorna 1,5 g och 3 g kväve per kvadratmeter och vecka testades. Vi valde att avstå från detta då försöket hade blivit för omfattande och platsbrist hade uppstått i växthuset.

4.3 Slutsatser

Vår hypotes om att odling av tallplantor i gransågspån med 20 % inbladning av olika biokoltyper skulle ge ett lika bra resultat som att odla i torv är motbevisad. Odlingsförsöket visade dock att det är möjligt att odla i gransågspån med hydro- och pyrokolblandningar. Idag ser vi inga möjligheter att odla skogsplantor på just detta sätt. Med mer forskning inom ämnet både vad gäller andelen biokol och olika odlingssubstrat kommer möjligheterna öka för tillämpning vid konventionell odling av skogsplantor.

Resultaten från denna studie gav upphov till material för flera odlingsförsök för att ta reda på hur stor biokolandelen ska vara vid odling i sågspån och om det är möjligt att hitta ett lika bra odlingssubstrat som torv. Då kombinationen biokol och sågspån var okänd, så är det just nu svårt att veta om det var andelen biokol som var för hög, eller om den sämre tillväxten berodde på något annat som hade med sågspånet att göra.

Några förslag för framtida odlingsförsök:

- Att ha tillgång till en mer kontrollerbar miljö när det gäller temperatur, ljus och bevattning
- Dokumentera allt som sker i odlingsförsöket och ta många bilder för att underlätta sammanställningen av resultat och slutsatser
- Vid arbete med flera personer se till att kommunicera på ett tydligt sätt och föra tydliga laborationsanteckningar
- Tydliga mätblanketter underlättar datainsamlingen
- Genomföra fler ingående tester på odlingssubstrat inför odlingsförsöket.

Referenser

- Binotto, A.F., Lúcio, A.D.C. & Lopes, S.J. (2010). Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. *CERNE*, 16 (4), 457–464. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000400005>
- Buendía Velázquez, M., López López, M., Cetina Alcalá, V. & Diakite, L. (2017). Substrates and nutrient addition rates affect morphology and physiology of *Pinus leiophylla* seedlings in the nursery stage. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 10 (1), 115–120. <https://doi.org/10.3832/ifor1982-009>
- Båth, B. (2003). *Makronäringsämnen, mikronäringsämnen och pH i ekologisk grönsaksodling*. (P7:18). Jönköping: Jordbruksverket. www.sjv.se
- Dumroese, R., Pinto, J., Heiskanen, J., Tervahauta, A., McBurney, K., Page-Dumroese, D. & Englund, K. (2018). Biochar Can Be a Suitable Replacement for Sphagnum Peat in Nursery Production of *Pinus ponderosa* Seedlings. *Forests*, 9 (5), 232. <https://doi.org/10.3390/f9050232>
- Eskandari, S., Mohammadi, A., Sandberg, M., Eckstein, R.L., Hedberg, K. & Granström, K. (2019). Hydrochar-Amended Substrates for Production of Containerized Pine Tree Seedlings under Different Fertilization Regimes. *Agronomy*, 9 (7), 350. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070350>
- Fürst, M. (2021). *SM Levererade skogsplantor 2020*. (JO – Jordbruk, skogsbruk och fiske., JO0313 SM 2001). Skogsstyrelsen.
- Kambo, H.S. & Dutta, A. (2015). A comparative review of biochar and hydrochar in terms of production, physico-chemical properties and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 359–378. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.050>
- Malmberg, B. (2021). 2021/22:2 Uppdrivning av skogsplantor. Skriftligt fråga, . https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/skriftlig-fraga/uppdrivning-av-skogsplantor_H9112 [2023-01-05]
- Mattsson, A. (1996). Spån från sågverksindustrin - ett framtida odlingssubstrat vid produktion av skogsplantor? *Plantnytt*, 1996 (1996:2), 1–4. https://www.skogforsk.se/cd_20191104123650/contentassets/0f6fb0f6f1aa4ca0bf52a1c643702c13/plantnytt-1996-2.pdf
- Naturvårdsverket (u.å.). *Våtmarker och klimat. Våtmarker och klimat*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/vatmark/vatmarker-och-klimat/> [2023-03-06]
- Rytter, L. & Ericsson, T. (2000). Effektivare utnyttjande av gödselmedel i skogsplantaskolor. *Plantaktuellt*, 2000:1 (1), 8. [2023-05-02]
- Sandberg, M. (u.å.). Berikat biokol från skogsindustriella restprodukter för gödsling av plantor och skogsmark, NärSkog 2. 2019–04457. Opublicerad [2023-01-26]
- Stenhag, S. (2021). *Åt skogen med statistik*. Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan.
- Troeng, E. (1986). Gödsling i plantskolan och tillväxt i fält. *Plantnytt*, 1986 (1986:6), 4. https://www.skogforsk.se/cd_20190807153329/contentassets/ac105f6ba12f42ff9013a154b7b517fb/plantnytt-1986-6.pdf [2023-03-08]
- Wennström, U., Hjelm, K., Lindström, A. & Stattin, E. (2016). *Produktion av frö och plantor*. 2. uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om->

skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-2-produktion-av-fro-och-plant.pdf [2023-03-08]

Bilder i rapporten är tagna av Annica Berglind och Ninja Bernzen.

Uppställning vid hypotesprövning för två sampel

μ_A = medelvikten på rotbiomassa i försöksled 2, torv med 3g kväve

μ_B = medelvikten på rotbiomassan i försöksled odlade i gransågspån (Fled 3 – 5)

$$\begin{cases} H_0: \mu_A = \mu_B \Leftrightarrow \mu_A - \mu_B = 0 & \text{Fled 2 och Fled 3 – 5 har samma medelvärde} \\ H_1: \mu_A > \mu_B \Leftrightarrow \mu_A - \mu_B > 0 & \text{Fled 2 har } \textit{högre} \text{ medelvärde än Fled 3 – 5} \end{cases}$$

Vi antar att H_0 är sann.

$$\text{Försöksled 2: } \bar{x} = 0,127 \quad s = 0,025 \quad n = 4$$

$$\text{Försöksled 3 – 5: } \bar{x} = 0,055 \quad s = 0,023 \quad n = 12$$

Formel 6.2.2 valdes på grund av samplets storlek som är mindre än 30 samt att mätvärdena är normalfördelade med likade standardavvikelser.

$$s_p^2 = \frac{3 \cdot 0,025^2 + 11 \cdot 0,023^2}{14} \approx 0,000536$$

$$t = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{\sqrt{s_p^2 \cdot \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}\right)}} = \text{Om } H_0 \text{ sann} = \frac{(0,127 - 0,055) - (0)}{\sqrt{0,000536 \cdot \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{12}\right)}} = 5,374458$$

$$\text{Antalet frihetsgrader} = 4 + 12 - 2 = 14$$

0,05 % nivå enkelsidigt test, 14 frihetsgrader $\Rightarrow t \approx 4,140$. H_0 accepteras.

Slutsats: H_1 förkastas på en signifikansnivå med 0,05%, med 99,95% säkerhet stämmer H_0 . Fled 2 har större rotbiomassa än Fled 3 – 5.



Uppställning vid hypotesprövning för två sampel

μ_A = medelvikten på rotbiomassa i försöksled 2, torv med 3g kväve

μ_B = medelvikten på rotbiomassan i försöksled odlade i gransågspån och hydrokol
(Fled 6 – 8)

$$\begin{cases} H_0: \mu_A = \mu_B \Leftrightarrow \mu_A - \mu_B = 0 & \text{Fled 2 och Fled 6 – 8 har samma medelvärde} \\ H_1: \mu_A > \mu_B \Leftrightarrow \mu_A - \mu_B > 0 & \text{Fled 2 har } \textit{högre} \text{ medelvärde än Fled 6 – 8} \end{cases}$$

Vi antar att H_0 är sann.

$$\text{Försöksled 2: } \bar{x} = 0,127 \quad s = 0,025 \quad n = 4$$

$$\text{Försöksled 3 – 5: } \bar{x} = 0,031 \quad s = 0,014 \quad n = 12$$

Formel 6.2.2 valdes på grund av samplets storlek som är mindre än 30 samt att mätvärdena är normalfördelade med likade standardavvikelser.

$$s_p^2 = \frac{3 \cdot 0,025^2 + 11 \cdot 0,014^2}{14} \approx 0,000295$$

$$t = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{\sqrt{s_p^2 \cdot \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}\right)}} = \text{Om } H_0 \text{ sann} = \frac{(0,127 - 0,014) - (0)}{\sqrt{0,000295 \cdot \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{12}\right)}} = 9,665711$$

$$\text{Antalet frihetsgrader} = 4 + 12 - 2 = 14$$

0,05 % nivå enkelsidigt test, 14 frihetsgrader $\Rightarrow t \approx 4,140$. H_0 accepteras.

Slutsats: H_1 förkastas på en signifikansnivå med 0,05%, med 99,95% säkerhet stämmer H_0 . Fled 2 har större rotbiomassa än Fled 5 – 8.

Uppställning vid hypotesprövning för två sampel

μ_A = medelvikten på rotbiomassa i försöksled 2, torv med 3g kväve

μ_B = medelvikten på rotbiomassan i försöksled odlade i gransågspån (Fled 9 – 11)

$$\begin{cases} H_0: \mu_A = \mu_B \Leftrightarrow \mu_A - \mu_B = 0 & \text{Fled 2 och Fled 9 – 11 har samma medelvärde} \\ H_1: \mu_A > \mu_B \Leftrightarrow \mu_A - \mu_B > 0 & \text{Fled 2 har } \textit{högre} \text{ medelvärde än Fled 9 – 11} \end{cases}$$

Vi antar att H_0 är sann.

$$\text{Försöksled 2: } \bar{x} = 0,127 \quad s = 0,025 \quad n = 4$$

$$\text{Försöksled 3 – 5: } \bar{x} = 0,030 \quad s = 0,013 \quad n = 12$$

Formel 6.2.2 valdes på grund av samplets storlek som är mindre än 30 samt att mätvärdena är normalfördelade med likade standardavvikelser.

$$s_p^2 = \frac{3 \cdot 0,025^2 + 11 \cdot 0,013^2}{14} \approx 0,000264$$

$$t = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{\sqrt{s_p^2 \cdot \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}\right)}} = \text{Om } H_0 \text{ sann} = \frac{(0,127 - 0,013) - (0)}{\sqrt{0,000264 \cdot \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{12}\right)}} = 10,35139$$

$$\text{Antalet frihetsgrader} = 4 + 12 - 2 = 14$$

0,05 % nivå enkelsidigt test, 14 frihetsgrader $\Rightarrow t \approx 4,140$. H_0 accepteras.

Slutsats: H_1 förkastas på en signifikansnivå med 0,05%, med 99,95% säkerhet stämmer H_0 . Fled 2 har större rotbiomassa än Fled 9 – 11.

Mätblanketter

Plantor och dess placering

Mätblanket

Annica och Ninja

Plantor och dess placering

The image displays four identical measurement sheets arranged in a 2x2 grid. Each sheet is a 4x4 grid with four quadrants. The top-left quadrant is labeled 'F-led :1', the top-right 'F-led :2', the bottom-left 'F-led :3', and the bottom-right 'F-led :4'. Each quadrant contains a 2x2 sub-grid of smaller squares, providing a total of 16 measurement points per sheet.

Skott/rot-kvot

Mätblankett

Annica och Ninja

Försöksled:											
Kassett	1			2			3			4	
Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot

Försöksled:											
Kassett	1			2			3			4	
Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot

Försöksled:											
Kassett	1			2			3			4	
Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot

Försöksled:											
Kassett	1			2			3			4	
Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot

Försöksled:											
Kassett	1			2			3			4	
Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot	Planta nr:	Skott	Rot

:D

Diameter

Mätblankett

Annica och Ninja


Försöksled	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Stump rad:	/										
Kossett 1	diameter, mm										
Planta nr 1											
Planta nr 2											
Planta nr 3											
Planta nr 4											
Planta nr 5											
Planta nr 6											
Planta nr 7											
Planta nr 8											
Planta nr 9											
Planta nr 10											
Kossett 2	diameter, mm										
Planta nr 1											
Planta nr 2											
Planta nr 3											
Planta nr 4											
Planta nr 5											
Planta nr 6											
Planta nr 7											
Planta nr 8											
Planta nr 9											
Planta nr 10											
Kossett 3	diameter, mm										
Planta nr 1											
Planta nr 2											
Planta nr 3											
Planta nr 4											
Planta nr 5											
Planta nr 6											
Planta nr 7											
Planta nr 8											
Planta nr 9											
Planta nr 10											
Kossett 4	diameter, mm										
Planta nr 1											
Planta nr 2											
Planta nr 3											
Planta nr 4											
Planta nr 5											
Planta nr 6											
Planta nr 7											
Planta nr 8											
Planta nr 9											
Planta nr 10											

Höjd

Nr: _____ Försöksled: _____

Mätblanket

Annica och Ninja

Veckonr:	V.	V.	V.	V.	V.	V.	V.	V.	V.	V.
Slump rad:										
Antal										
Levande 										

Kassett 1 Höjd, mm

Planta nr 1										
Planta nr 2										
Planta nr 3										
Planta nr 4										
Planta nr 5										
Planta nr 6										
Planta nr 7										
Planta nr 8										
Planta nr 9										
Planta nr 10										

Kassett 2 Höjd, mm

Planta nr 1										
Planta nr 2										
Planta nr 3										
Planta nr 4										
Planta nr 5										
Planta nr 6										
Planta nr 7										
Planta nr 8										
Planta nr 9										
Planta nr 10										

Kassett 3 Höjd, mm

Planta nr 1										
Planta nr 2										
Planta nr 3										
Planta nr 4										
Planta nr 5										
Planta nr 6										
Planta nr 7										
Planta nr 8										
Planta nr 9										
Planta nr 10										

Kassett 4 Höjd, mm

Planta nr 1										
Planta nr 2										
Planta nr 3										
Planta nr 4										
Planta nr 5										
Planta nr 6										
Planta nr 7										
Planta nr 8										
Planta nr 9										
Planta nr 10										

Ledningstal & pH-värde, delmätning

Blad Nr: _____

Annica Ninja

Mätning av Ph-värde & ledningstal

Fled:	Ledning/ph	Kassett Temp	V.	Kassett Temp	V.	Kassett Temp	V.	Kassett Temp	V.
Fled 1	Ledningstal								
	pH								
Fled 2	Ledningstal								
	pH								
Fled 3	Ledningstal								
	pH								
Fled 4	Ledningstal								
	pH								
Fled 5	Ledningstal								
	pH								
Fled 6	Ledningstal								
	pH								
Fled 7	Ledningstal								
	pH								
Fled 8	Ledningstal								
	pH								
Fled 9	Ledningstal								
	pH								
Fled 10	Ledningstal								
	pH								
Fled 11	Ledningstal								
	pH								

:)

Ledningstal & ph-värde, total mätning

Datum: _____

Mätning av Ph-värde och ledningstal,

Annica och Ninja

Total mätning

Fled 1	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
Fled 3	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
Fled 5	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
Fled 7	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
Fled 9	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
Fled 11	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	

Fled 2	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
Fled 4	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
Fled 6	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
Fled 8	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
Fled 10	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	
	Kassett nr:	pH	
		Ledningstal	

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.