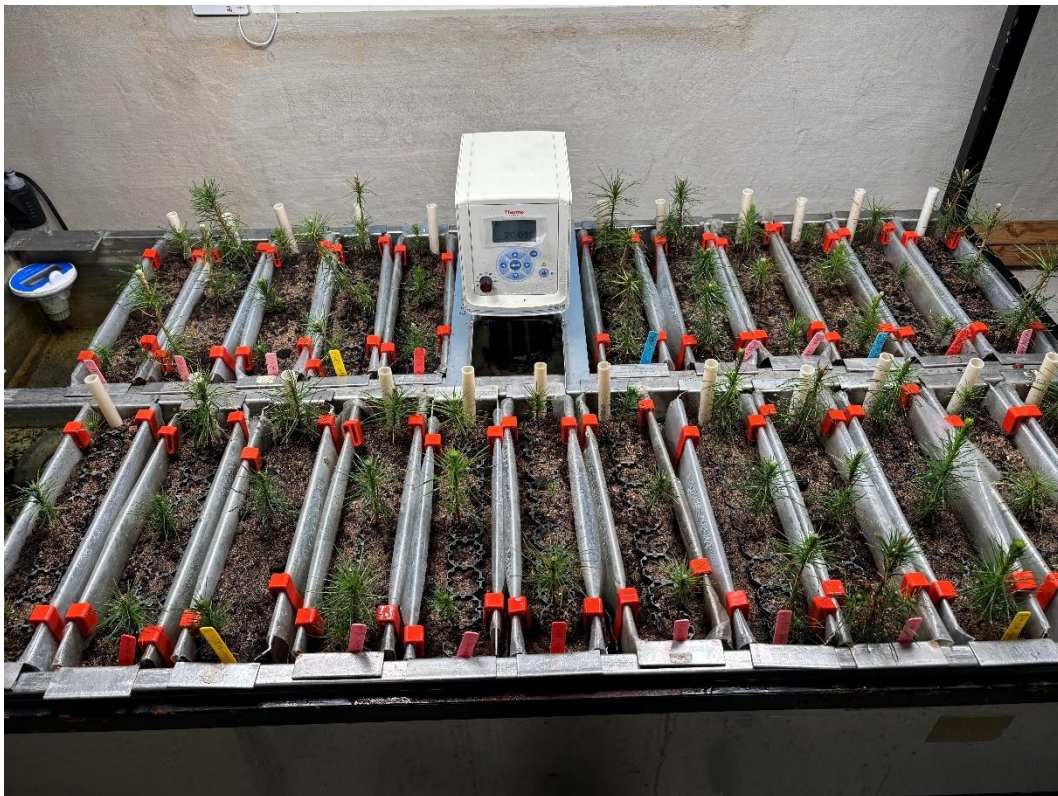




Studie av egenskaper och etableringsförmåga för tallplantor odlade i torv blandad med industrihampa

Study of the characteristics and establishment ability of pine seedlings grown in a mixture of peat and industrial hemp

GUSTAV PETERSSON



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2025:16

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Studie av egenskaper och etableringsförmåga för tallplantor odlade i torv blandad med industrihampa.

Study of the characteristics and establishment ability of pine seedlings grown in a mixture of peat and industrial hemp.

Gustav Petersson

Handledare: Daniel Gräns, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Staffan Stenhag, 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: 2025

Omslagsbild: Ett av RGC (root growth capacity) – baden där plantor odlades under studien. Foto: Gustav Petersson

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

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2025:16

Nyckelord: Höjdtillväxt, Rottillväxt, RGC-metoden



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

I takt med en ökande medvetenhet om pågående klimatförändringar och med växande kritik mot användning av torv i odlingssammanhang har behovet av alternativa odlingssubstrat blivit allt större. Skogsplantproducenterna vill därför hitta odlingssubstrat som orsakar lägre utsläpp av koldioxid till atmosfären. I denna studie undersöktes morfologiska egenskaper och vitalitet hos plantor som föregående säsong odlats fram i en blandning av industrihampa och torv och därefter lagrats inför den kommande odlingssäsongen. Dessutom undersöktes plantornas etableringsförmåga genom utvärdering av rötternas och skottens tillväxtkapacitet vid testodling i kontrollerad miljö.

Materialet bestod av tallplantor som odlats i antingen 100 procent konventionell odlingstorv, i en blandning bestående av 50 procent grovmalen industrihampa och 50 procent torv eller i en blandning av 50 procent finmalen industrihampa och 50 procent torv. Industrihampaodlade plantor uppvisade inte samma goda egenskaper som plantor odlade i konventionell torv. De plantor som odlats fram i 100 procent konventionell torv hade jämnast viktfördelning mellan rot och skottdel. Detta kan jämföras med de plantor som odlats fram i de två substraten med blandningar av industrihampa och torv som hade en något högre andel av den totala vikten i skottdel, dock fortfarande med den största andelen i sin rot del.

Vid testodlingen hade plantor framodlade i konventionell torv en statistiskt signifikant högre tillväxt än plantor som framodlats i de två industrihampa- och torvblandningarna. Efter fyra veckors testodling hade plantorna som odlats fram i 100 procent torv haft den bästa höjdtillväxten (i genomsnitt 3,0 cm per planta) och rottillväxten (i genomsnitt 0,569 g per planta). Plantor odlade i blandningen med 50 procent grovmalen industrihampa och torv hade bättre skotttillväxt (2,6 cm) och rottillväxt (i genomsnitt 0,582 g per planta) jämfört med plantor som odlats fram i en blandning av finmalen industrihampa och torv där motsvarande tillväxt var 1,5 cm respektive 0,349 g per planta odlade i detta substrat. Dödligheten efter fyra veckors testodling var lägst (4 procent) för plantor som odlats i substratet bestående av en blandning av grovmalen industrihampa och torv, medan substratet bestående av konventionell torv hade den högsta dödligheten (9 procent). För att kunna reducera och på sikt eliminera torvanvändning krävs ytterligare studier för att utvärdera lämpliga alternativa odlingssubstrat för skogsplantor.

Nyckelord: Höjdtillväxt, Rottillväxt, RGC-metoden

Abstract

As awareness of ongoing climate change increases, along with criticism of peat use in horticulture, the need for alternative growing substrates has become urgent. Therefore, forest tree seedling nurseries are working to find alternative growing substrates that cause lower emissions of carbon dioxide. This study examined the morphological characteristics and vitality of seedlings cultivated in a mixture of industrial hemp and peat followed by cold storage in late fall and early winter. The seedlings' potential ability to establish after outplanting was also tested through a controlled-environment root and shoot growth capacity test.

The material consisted of pine seedlings, grown during previous season, in either 100% conventional peat, or in a mixture of 50% coarsely ground industrial hemp and 50% peat, or in a mixture of 50% more finely ground industrial hemp and 50% peat. Seedlings cultivated in mixtures containing industrial hemp did not exhibit the same characteristics as those cultivated in conventional peat. Seedlings cultivated in 100% conventional peat had the most balanced weight distribution between roots and shoots. In contrast, seedlings cultivated in the two hemp-peat mixtures had a slightly higher proportion of total weight allocated to the root section, however still with the largest portion in the shoot section.

Following the four-week cultivation test, conventional peat seedlings had the largest height growth (3.0 cm per seedling) and root growth (on average 0,569 g per seedling). The difference was statistically significant when compared to seedlings grown in the two hemp-peat mixtures. Seedlings grown in the coarsely ground hemp mixture performed better (height growth 2.6 cm per seedling and root growth 0.882 g per seedling) than those in the more finely ground hemp mixture (height growth 1.5 cm per seedling and root growth 0.349 g per seedling). Mortality after four weeks of test cultivation was lowest (4%) for seedlings grown in the coarsely ground hemp-peat substrate, while the conventional peat substrate seedlings had the highest mortality (9%). To be able to reduce, and eventually eliminate the use of peat, additional studies are necessary to evaluate the most suitable materials and mixtures available as substrates for cultivation of forest tree seedlings.

Keywords: Height growth, Root growth, RGC method

Förord

Efter uppmaning från min handledare Daniel Gräns att det fanns möjlighet att utföra denna studie väcktes intresset för att testa om industrihampa hade kunnat vara ett tänkbart odlingssubstrat inom den svenska skogsindustrin och plantframställning.

Jag vill börja med att rikta ett stort tack till min handledare Daniel Gräns för all hjälp och rådgivning genom arbetets gång.

Jag vill även rikta ett tack till Johannes Åkesson och Henrik Dörr eftersom deras tidigare examensarbete dels gjort detta arbete möjligt genom de tallplantor som de tagit fram och även givit en god första inblick i ämnet.

Gustav Petersson

Skinnskatteberg, Maj 2025

Innehåll

FÖRORD.....	V
1. INLEDNING	1
1.1 VIKTIGA EGENSKAPER HOS ETT BRA ODLINGSSUBSTRAT	1
1.2 TORV OCH TORVMARKER I SVERIGE	1
1.3 TORVBRYTNING OCH MILJÖPÅVERKAN.....	2
1.4 ALTERNATIVA ODLINGSSUBSTRAT	2
1.5 INDUSTRIHAMPA	3
1.6 UTVÄRDERING AV SKOGSPANTORS EGENSKAPER.....	3
1.7 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR	3
2. MATERIAL OCH METODER	5
2.1 PLANTMATERIAL	5
2.1.2 FRYSLAGRING OCH UPPTINING.....	6
2.2 ROT/SKOTTKVOT	6
2.3 TESTODLINGEN	7
2.3.1 FÖRVARING I VÄXTHUSET	7
2.3.2 PLANTERING I RGC-LÅDOR.....	7
2.3.3 FÖRBEREDELSE AV RGC-BAD	7
2.3.4 ODLINGSVECKA ETT	8
2.3.5 ODLINGSVECKA 2 – 4	8
2.4 DATAINSAMLING UNDER ODLINGEN.....	8
2.4.1 HÖJDTILLVÄXT.....	8
2.4.2 VITALITET/ MORTALITET.....	9
2.4.3 HYPOTESPRÖVNING	9
2.5 EFTER ODLINGEN.....	9
2.5.1 ROTTILLVÄXT.....	9
3. RESULTAT.....	11
3.1 PÅVERKAN AV LAGRING	11
3.2 ROT/SKOTTKVOT	11
3.3 PLANTMORTALITET.....	12
3.4 HÖJDTILLVÄXT.....	12
3.5 HYPOTESPRÖVNING.....	14
3.6 ROTTILLVÄXT	14
4. DISKUSSION	16
4.1 FELKÄLLOR	17
4.2 SLUTSATS.....	18
4.3 VIDARE STUDIER	18

REFERENSER.....19

BILAGA 1	23
BILAGA 2	23
BILAGA 3	24
BILAGA 4	24
BILAGA 5	25

1. Inledning

Varje år levereras hundratals miljoner skogsplantor till olika skogliga aktörer runtom i landet (Skogsstyrelsen 2024). Täckrotsplantor är den dominerande typen av skogsplantor som används i Sverige med en andel på cirka 90 procent. Resterande 10 procent utgörs av barrotsplantor och hybrider av de båda slagen. Mängden levererade plantor har ökat de senaste decennierna. År 2000 var antalet levererade plantor 326 miljoner, medan antalet år 2024 stigit till cirka 404 miljoner. Sedan 2020 har tallplantor varit det vanligaste trädslaget och cirka 55 procent eller 227 miljoner plantor var tall eller contortatall år 2024 (Skogsstyrelsen 2024). I takt med att efterfrågan och produktionen av skogsplantor stiger så ökar även behovet av odlingssubstrat.

1.1 Viktiga egenskaper hos ett bra odlingssubstrat

Egenskaperna hos odlingssubstratet är av yttersta vikt vid produktion av skogsplantor. Detta för att säkerställa plantornas tillväxt och vitalitet samt förmåga till etablering efter utplantering (Johansson 2008; Eriksson 1996). Några av dessa egenskaper är följande:

- Porstorlek
- Katjonbyteskapacitet
- Densitet
- PH-värde
- Att materialet är lättarbetat
- Att materialet är friskt och fritt från patogena ämnen
- Att materialet har en hög vattenhållande förmåga
- Att materialet är ofarligt för användaren
- Att materialet är billigt
- Att materialet är miljövänligt

1.2 Torv och torvmarker i Sverige

Torv är ett material som bildas i våtmarker av olika växtmaterial som på grund av fuktiga miljöer och syrebrist inte bryts ner fullständigt. Det är vitmossan (*Sphagnopsidan*) som ger torv med de bästa egenskaperna som odlingssubstrat (Wennström et al. 2016). Den svenska landarealen består till 15 procent av torvtäckta marker, vilket gör Sverige till ett av världens mest torvrika länder. Torvmarkerna i Sverige har även en hög inblandning av vitmossa. Detta har lett till att Sverige idag är ett av de ledande länderna i Europa när det kommer till framställning av odlingstorv (SGU 2021). Idag används torv i hög utsträckning

som odlingssubstrat vid framodling av skogsplantor för kommersiellt bruk, även om vissa plantproducenter redan har börjat minska andelen torv i sina odlingar (Andersson 2024).

1.3 Torvbrytning och miljöpåverkan

Torvmarker lagrar stora mängder kol (Naturskyddsföreningen 2023; Loisel et al. 2021) och utgör en mycket viktig kolsänka som tar upp och lagrar koldioxid från atmosfären (Naturvårdsverket 2024). Torv bryts från våtmarker som utgör mycket viktiga biotoper i det svenska landskapet. Effekterna kopplade till utdikning av våtmarker står för ungefär en femtedel av växthusgasutsläppen i Sverige (Naturvårdsverket 2024). Utöver att torvmarkerna dikats just för torvskörd har även dikning bedrivits med syfte att öka produktionen på skogs- och jordbruksmarker i olika utsträckning i Sverige (Naturvårdsverket 2021.) Under året 2016 bedrevs torvbrytning på totalt 12 500 hektar av de totalt 6 600 000 hektar torvmark som finns i Sverige (Hansen et al. 2016). Klimatförändringarna är i dagsläget ett mycket aktuellt ämne och hela världen påverkas av dessa. Viktiga ekosystemtjänster som rening av luft och vatten måste skyddas och bevaras (Naturvårdsverket 2023).

1.4 Alternativa odlingssubstrat

På grund av att torvbrytningen ifrågasatts önskas olika alternativa substrat till den traditionella torven. Det pågår många studier och forskning kring vad som skulle kunna vara en bra ersättning för torv inom skogsplantodlingen. Inblandning av olika organiska kompostmaterial och bark har testats och visat god potential som odlingssubstrat (Marotti et al. 2023; Heiskanen et al. 2024). Inblandning av biokol har testats (Berglind & Bernzen 2023; Thorebring & Svarvare 2024), vilket kan framställas av exempelvis restprodukter från massa- och pappersindustrin. Biokol visade sig i en studie av Eskandari et al. (2019) ha positiv inverkan på plantorna och samtidigt minska behovet av gödsling under odlingen med upp till 50 procent. Även stenull har vid försök använts som odlingssubstrat. Nackdelen med stenull är bristen på näringsämnen, samt dess dåliga förmåga att hålla vatten (Eriksson 1996). Detta resulterar i att mer gödsling och bevattning krävs för att nå god funktionalitet som odlingssubstrat.

Blandningar av torv och andra substrat har även testats. Exempel på sådana inblandningsämnen är gummi och lim. Resultaten har dock varit varierande (Wennström et al. 2016). Andra substrat som har testats är sågspån (Mattsson 1996; Bodell & Vestlund 2023) och industrihampa (Dörr & Åkesson 2024). För att minska de utsläpp av växthusgaser som torvbrytningen innebär är det mycket angeläget att hitta alternativa odlingssubstrat till dagens användning av torv (Prade et al. 2011, Riddlestone et al. 2019). Flera studier har alltså utförts, men inget självklart alternativ till torv tycks ha hittats ännu.

1.5 Industrihampa

Industrihampa är en form av arten *Cannabis sativa*. Den har genom genetisk förädling fått ett förhållandevis lågt innehåll av THC (tetrahydrocannabinol) vilket är de dominerande psykoaktiva komponenterna som finns i de traditionella *Cannabis sativa*-sorterna (Franck & Nylander 2021). Hampa har genom växtförädling under det sena 1900-talet mer och mer blivit en industrigröda (Crini et al. 2020). Sorterna är framtagna för industriella ändamål och har därför fått namnet industrihampa. I Sverige är det sedan 2003 tillåtet att odla industrihampa men det är Europeiska Unionen som avgör vilka industrihampasorter som godkänns för odling. För år 2025 är totalt 134 olika sorter industrihampa godkända. Det finns möjlighet för bönder att söka s.k. gårdsstöd för att odla någon av de godkända industrihampasorterna (Jordbruksverket 2025). Industrihampan är en gröda som lämpar sig för svenska klimatzoner vilket är mycket gynnsamt ur ett självförsörjningsperspektiv så väl som ur miljösynpunkt (Mossberg & Stenberg 2018). Dessutom är hampan en god kolsänka. Hampa har på grund av sin snabba tillväxt en exceptionell absorptionskapacitet när det gäller koldioxid från atmosfären (Cherney & Small 2016). Vid användning av bra sorter och vid gynnsamma odlingsförhållanden kan en hektar hampa absorbera 20 ton koldioxid från atmosfären under en växtsäsong (EIHA 2021).

1.6 Utvärdering av skogsplantors egenskaper

Det är viktigt att skogsplantor som framodlats och levereras till skogsbruket har rätt egenskaper för den avsedda ståndorten (Hallsby 2013). Det har utvecklats många olika metoder för att beskriva en plantas kvalitet och egenskaper (Mataruga et al. 2023). En skogsplantas morfologiska egenskaper kan uttryckas med hjälp av den s.k. rot/skottkvoten som anger viktfordelningen mellan plantans rot del och skott del (Wennström et al. 2016). För att på ett tillförlitligt sätt kunna utvärdera plantors vitalitet efter lagring och förmåga till fältetablering används ofta den s.k. RGC (root growth capacity) -metoden (Burdett 1987) som anpassats till svenska förhållanden och beskrivs av Mattsson (1986). Metoden innebär att skogsplantor odlas i en kontrollerad miljö vad gäller temperatur, ljus, bevattning och odlingssubstrat samt under en begränsad tidsperiod (vanligen 3 – 4 veckor) för att sedan utvärderas främst vad gäller förmågan att producera nya rötter. Ofta mäts i slutet av testodlingen även plantornas höjdtillväxt. Låga värden för rot- och skotttillväxt kan indikera att plantorna saknar lämpliga egenskaper för att kunna etablera sig efter utplantering eller att de har skadats och drabbats av nedsatt vitalitet (Mattsson 1986).

1.7 Syfte och frågeställningar

Syftet med examensarbetet är att via testodling undersöka om tallplantor (*Pinus sylvestris*) framodlade i industrihampa har de egenskaper som kan kopplas till god överlevnad, fältetablering och tillväxt. En utvärdering kring hur plantorna klarade vinterlagring genomfördes även. I arbetet undersöktes före testodlingen dessutom eventuella skillnader i morfologi mellan plantor framodlade i industrihampa och

kontrollplanter som framodlats i konventionell torv genom att bestämma plantornas s.k. rot/skottkvot.

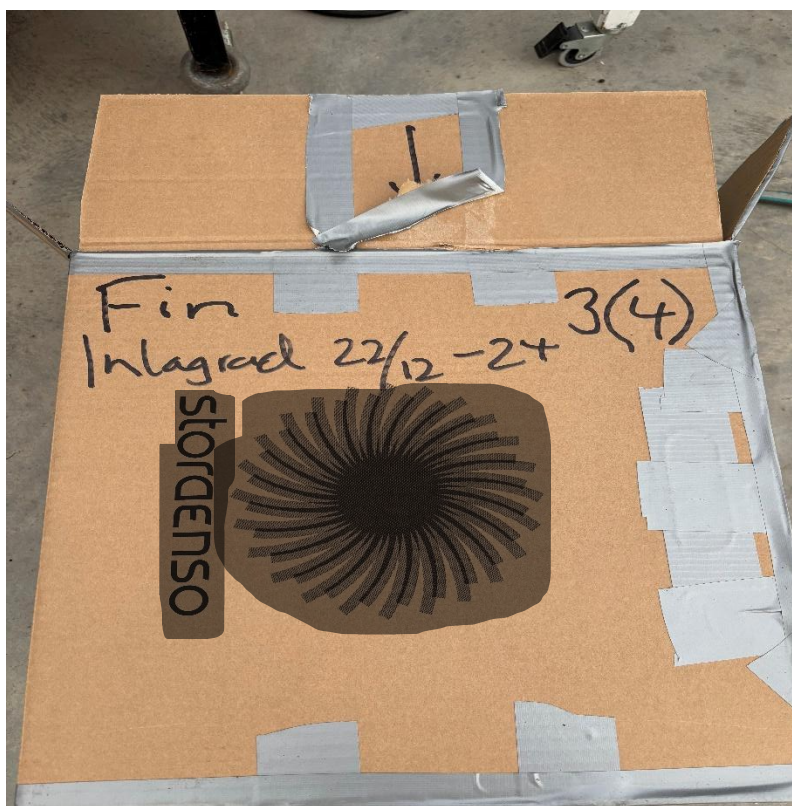
Frågeställningarna var följande:

- Hur skiljer rot/skottkvoten mellan planter framodlade i blandningar innehållande torv och olika industrihampasubstrat respektive enbart i konventionell torv?
- Hur väl etablerar sig planter framodlade i industrihampa jämfört med planter framodlade i torv efter plantering och testodling i kontrollerade odlingsförhållanden?
- Skiljer sig rot- och höjdtillväxten efter plantering mellan planter framodlade i industrihampa och de som framodlats i torv?
- Hur har de planter som framodlats i torv och industrihampa klarat vinterlagringen?

2. Material och metoder

2.1 Plantmaterial

Plantorna som nyttjades för denna studie odlades fram som del i tidigare genomfört examensarbete av Dörr och Åkesson (2024). Där testades först vid SLU Skogsmästarskolan tre olika trädslag att odlas i industrihampa under vintern och våren 2024. I anslutning till detta såddes även i mars 2024 vid Stakhedens plantskola (Sveaskog, Svenska Skogsplanter) ytterligare en testomgång med tall (proveniens FP 610 Hade). Detta skedde i substrat som bestod av en blandning med 50 procent torv och 50 procent mer respektive mindre finfördelad hampa samt kontroller som såddes i 100 procent konventionell odlingstorv. Ramen med denna försöksodling placerades därefter tillsammans med ett parti konventionella tallplanter för vidare odling under sommar och höst 2024 (se Dörr & Åkesson 2024 för ytterligare detaljer). Plantorna från testodlingen vid Stakheden packades (plantorna fick stå kvar i odlingskassetterna) vid Skogsmästarskolan i slutet av december 2024 täta i kartonger om ca 100 plantor per kartong och placerades i ett frysrum vid plantlabbet på Skogsmästarskolan. Totalt lagrades 12 kartonger in, fyra upprepningar för varje odlingssubstrat (Figur 1). Plantorna lagrades i en temperatur som varierade mellan -2°C till $\pm 0^{\circ}\text{C}$ i cirka två månader.



Figur 1. En av kartongerna som plantorna fryslagrades i. Denna innehöll plantor odlade i 50 procent finmalen industrihampa och 50 procent torv, från plantlåda 3 av totalt 4 för det aktuella substratet.

Kartongerna med fyra upprepningar per substrat var märka med substrattyp som fick utgöra de tre försöksleden enligt nedan:

Försöksled: Grov

Plantkartong 1(4) Tall odlad i 50 procent grovmald industrihampa, 50 procent torv

Plantkartong 2(4) Tall odlad i 50 procent grovmald industrihampa, 50 procent torv

Plantkartong 3(4) Tall odlad i 50 procent grovmald industrihampa, 50 procent torv

Plantkartong 4(4) Tall odlad i 50 procent grovmald industrihampa, 50 procent torv

Försöksled: Fin

Plantkartong 1(4) Tall odlad i 50 procent finmald industrihampa, 50 procent torv

Plantkartong 2(4) Tall odlad i 50 procent finmald industrihampa, 50 procent torv

Plantkartong 3(4) Tall odlad i 50 procent finmald industrihampa, 50 procent torv

Plantkartong 4(4) Tall odlad i 50 procent finmald industrihampa, 50 procent torv

Försöksled: Torv

Plantkartong 1(4) Tall odlad i 100 procent torv

Plantkartong 2(4) Tall odlad i 100 procent torv

Plantkartong 3(4) Tall odlad i 100 procent torv

Plantkartong 4(4) Tall odlad i 100 procent torv

2.1.2 Fryslagring och upptining

Som inledande moment i försöket togs plantor ämnade att nyttjas i arbetet ut ur lagret, totalt 240 plantor fördelade på 20 plantor från varje kartong. Av dessa var 144 plantor ämnade till RGC-odling och 96 plantor till den morfologiska studien. Majoriteten av kartongerna visade sig vara halvfrusna och plantorna kunde direkt och på ett slumpmässigt sätt tas ut ur kassetterna i kartongerna. Försöksleden (upprepning) Torv 2(4), Torv 3(4), samt Grov 1(4) var frusna vid uttagningen ur lagret och lämnades i rumstemperatur för att tina innan plantorna kunde tas upp ur kassetterna. Plantorna från de olika försöksleden placerades i provisoriska kassetter för att det skulle vara möjligt att särskilja de olika försöksleden och upprepningarna.

2.2 Rot/skottkvot

Innan testodlingen påbörjades mättes och beräknades rot/skottkvoten för 32 provplantor per försöksled. Detta gjordes genom att rotdelens torrsvikt i gram dividerades med skottdelens torrsvikt i gram. Totalt 96 plantor samplades destruktivt för att beräkna denna kvot (åtta plantor per upprepning för varje försöksled). Först placerades plantorna i ett vattenbad, för att lösa upp dess jordklump. Detta för att mjuka upp substratklumpen och förenkla avlägsnandet av odlingssubstrat, samt minska risken för att rötterna skulle brytas av. Även plantans skottdel tvättades för att inte riskera att odlingssubstrat fastnat där.

Plantorna separerades därefter vid substrattytan i två delar med hjälp av en sax. Detta för att skilja rot och skott åt. Rot- och skottdel placerades i var sitt kuvert. Sedan noterades vilken planta, substrat och plantdel som låg i vilket kuvert. Kuverten placerades i en ugn där de torkades i + 105 grader Celsius under ett dygn. Efter torkningen placerades kuverten i en exsickator, som innehöll ett

fuktabsorberande material för att minimera påverkan av luftens fuktighet. Kuvertens innehåll genomgick sedan en mycket noggrann vägning och alla data dokumenterades i ett Excel-dokument. Eftersom plantantalet per försöksled översteg 30, kunde sedan lämpliga statistiska tester tillämpas.

2.3 Testodlingen

Antalet plantor ämnade för odlingen i RGC-badet var totalt 144, alltså 48 plantor per försöksled och tolv plantor per upprepning.

2.3.1 Förvaring i växthuset

Under en veckas tid, från och med upptagandet ur kartongerna förvarades plantorna i de provisoriska kassetterna i växthuset. Detta för att säkerställa att alla plantor helt tinat och succesivt värmdes upp innan planteringen. Under denna vecka kontrollerades plantorna med maximalt tre dygns mellanrum och bevattnades vid behov för att inte riskera uttorkning av rotklumpen.

2.3.2 Plantering i RGC-lådor

Totalt nyttjades 48 s.k. RGC-lådor till odlingsförsöket. I varje RGC-låda planterades tre plantor från samma försöksled för att ge utrymme för tillväxt av rötterna.

Varje RGC-låda förbereddes och planterades på följande sätt: En ren RGC-låda togs fram och ett galler lades på dess botten med ett hål i ena kanten. I hålet placerades ett PVC-rör vars funktion var att senare kunna samla upp överskottsvatten som runnit ned till botten. En plastfilm placerades i RGC-lådan och fästes med klämmor på RGC-lådans kanter. Plasten skulle göra det lättare att ta ur plantor och odlingssubstrat vid odlingsförsökets slut. Sedan fylldes RGC-lådorna till ungefär hälften med neutralt odlingssubstrat bestående av lika delar fogsand (ej kemiskt behandlad mot ogräs) och ogödslad torv vilket är standardiserat odlingssubstrat vid denna typ av odlingsförsök. Plantorna placerades sedan i en hållare av plast som placerades i RGC-lådan. RGC-lådan fylldes sedan på med samma substrat som beskrivs ovan till strax under kanten och plantornas rotklump täcktes med substrat. Slutligen placerades en plaststicka i lådans kant, på motsatt sida från PVC-dräneringsröret. På denna plaststicka noterades substrattyp, vilket försöksled plantorna kom ifrån, samt vilket nummer/id varje planta hade. Plantornas utgångshöjd mättes från planthållarens övre kant upp till plantans toppknopp. Alla data dokumenterades i ett Excel-dokument och sparades för senare analys.

2.3.3 Förberedelser av RGC-bad

RGC-baden rengjordes för att förebygga risk för att patogener skulle överföras från tidigare odlingsförsök. RGC-baden flyttades till ett utrymme som anslöt till växthuset för att enklare kunna reglera utrymmets temperatur. RGC-baden fylldes

sedan med RGC-lådor och vatten fylldes sedan i RGC-baljan upp till precis under kanten på RGC-lådorna. Värme- och cirkulationspumpen i RGC-baden sattes sedan i gång och ställdes in på +20 grader Celsius. RGC-baden var försedda med LED-lampor som lyste med en intensitet på cirka 350 mikromol/s/m² PAR vid odlingsytan (PAR= Photosynthesis Active Radiation). Detta uppmättes med hjälp av en spektrometer. För att få en naturlig dygnsrytm hos plantorna nyttjades timers som ställdes in så att plantorna fick 16 timmar dag och åtta timmar natt. Plantorna vattnades sedan rikligt till dess att substratet blev fuktigt och efter ca 45 minuter extraherades det överblivna vattnet på RGC-lådornas botten genom PVC-röret med hjälp av en modifierad våtdammsugare. Två termometrar av fabrikation TFA, placerades vid vardera RGC-bad för att kunna uppmäta utrymmets temperatur såväl som luftfuktighet. Vid etableringen av försöket uppmättes en temperatur på ca +20 grader Celsius i rummet, samt en relativ luftfuktighet på 25 procent.

2.3.4 Odlingsvecka ett

Från och med RGC-odlingens tredje dag började RGC-lådorna flyttas runt i baden med jämna mellanrum. Detta för att under odlingsperioden ge alla plantor liknande förutsättningar gällande ljustillgång eftersom ljusintensiteten varierade något beroende på var i RGC-badet en RGC-låda befann sig. Samma dag placerades även en bordsfläkt i utrymmet för att skapa cirkulation i luften i odlingsutrymmet.

2.3.5 Odlingsvecka 2 – 4

Under odlingsvecka 2 – 4 mättes plantornas höjd en gång i veckan. I samband med höjdmätningen flyttades RGC-lådorna runt systematiskt, i och emellan de två RGC-baden för att uppnå så likvärdiga odlingsförhållanden för samtliga plantor som möjligt (Bilaga 1 & Bilaga 2). Plantorna studerades okulärt med maximalt tre dygns mellanrum under hela odlingsperioden och vattnades efter behov. Överblivet vatten extraherades efter bevattning med hjälp av den modifierade våtdammsugaren. Regleringar för att uppnå en temperatur runt +20 grader Celsius i odlingsutrymmet gjordes vid flera tillfällen genom att justera plantlaboratoriets dörrar ut till växthuset.

2.4 Datainsamling under odlingen

Under hela odlingsprocessen samlades tillväxt- och vitalitetsdata in för senare analys och statistiska beräkningar.

2.4.1 Höjdtillväxt

Direkt efter planteringen i RGC-lådorna mättes alla plantors utgångshöjd, från planthållarens kant upp till plantans toppknopp. Värdena registrerades i centimeter med en decimal. Alla plantorna mättes sedan en gång i veckan under odlingsperioden, totalt fyra gånger. Vid odlingens avslutande mättes alla plantors höjd en sista gång och insamlade data sparades i ett Excel-dokument.

2.4.2 Vitalitet/ mortalitet

Under odlingen noterades plantornas vitalitet och detta dokumenterades även i Excel-dokumentet. Detta för att kunna göra en bedömning av hur plantorna dels klarat lagringen, men även etableringen vid RGC-odlingen. För att få reda på plantornas mortalitet kontrollerades hur många av plantorna som dött i slutet av odlingsvecka fyra. Denna kontroll utfördes på samtliga plantor som odlats i RGC-baden.

2.4.3 Hypotesprövning

Vid studiens början bestämdes att antalet plantor per försöksled skulle uppgå till 32 stycken för den morfologiska studien, samt 48 plantor av vardera försöksled för odlingsförsöket. Anledningen till detta var att kunna möjliggöra statistiska analyser av insamlade data gällande plantornas morfologi och tillväxt när försöket var genomfört. Eftersom antalet sampel i båda fallen översteg 30, användes följande formel vid de olika beräkningarna (Figur 3).

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (6.2.3)$$

Används om både
 $n_1 \geq 30$ och $n_2 \geq 30$.

Figur 3. Den formel som nyttjades vid hypotesprövning (Stenhag 2023).

2.5 Efter odlingen

Efter fyra veckors odling mättes plantornas höjd en sista gång innan alla lådor avlägsnades från de två RGC-baden. Alla plantor togs sedan ut ur kassetterna och överblivet odlingssubstrat avlägsnades.

2.5.1 Rottillväxt

Efter odlingen gjordes en mätning av plantornas rottillväxt. Detta gjordes genom att först klippa av rötterna som bildats under odlingen (Figur 2). Därefter blötlades dom för att lättare kunna avlägsna odlingssubstratet som satt fast. De avklippta rötterna lades sedan i ett kuvert per RGC-låda, totalt 48 kuvert, och dessa placerades i en torkugn med en temperatur på +105 grader Celsius under 24 timmar. Kuverten flyttades sedan till en exsickator, som innehöll ett fuktabsorberande material för att minimera påverkan av luftens fuktighet. Efter detta vägdes varje kuvert och alla rotvikter dokumenterades i Excel-dokumentet.



Figur 2. Tre plantor framodlade i en blandning av 50 procent finmalen industrihampa och torv. Det röda strecket symboliserar var rötterna klipptes för att kunna avgöra rottillväxten under den fyra veckor långa testodlingen i RGC-bad.

3. Resultat

3.1 Påverkan av lagring

När plantorna togs ut ur lagret visade det sig att en stor del av materialet i plantlådorna inte var helt fruset. Endast tre av plantlådornas substrat var stelfruset. Detta var plantlådorna 2(4), 3(4) med 100 procent torv och plantlådan 1(4) med 50 procent grovmalen industrihampa/ 50 procent torv. Plantlådorna 3(4), 4(4) innehållande 50 procent finmalen industrihampa/ 50 procent torv var tinade vid upptagning. Resterande lådor hade plantor där rotklumparna var halvfrusna vid upptagning (Tabell 1).

Tabell 1. Plantornas tillstånd vid uttagande ur fryslager fördelat på plantlådor och substrat. Torv = plantlådor med plantor odlade i 100 procent torv. Grov = plantlådor med plantor odlade i 50 procent grovmalen industrihampa och 50 procent torv. Fin = plantlådor med plantor odlade i 50 procent finmalen industrihampa och 50 procent torv.

Plantlådor	Tillstånd, vid upptagande	Plantlådor	Tillstånd, vid upptagande	Plantlådor	Tillstånd, vid upptagande
Torv:		Grov:		Fin:	
1(4)	Halvfrusen	1(4)	Frusen	1(4)	Halvfrusen
2(4)	Frusen	2(4)	Halvfrusen	2(4)	Halvfrusen
3(4)	Frusen	3(4)	Halvfrusen	3(4)	Tinad
4(4)	Halvfrusen	4(4)	Halvfrusen	4(4)	Tinad

I och med denna variation gällande tillstånden för plantlådorna kan ingen säker slutsats dras kring eventuella skillnader i hur de olika försöksleden klarat lagringen. Ingen tydlig påverkan på plantornas höjdtillväxt eller rottillväxt kunde dock observeras på grund av skillnader i lagringen.

3.2 Rot/skottkvot

En form av kvalitetsmått för att uttrycka en plantas egenskaper är rot/skottkvoten. Den ger information om huruvida balansen mellan rot och skott är proportionerlig. Plantans skottdel bör inte vara avsevärt större än rotsystemet. Om det skulle vara fallet skulle plantans rotsystem få svårt att uppfylla sin uppgift när det kommer till vatten och näring vid etablering i odlingsmiljöer, till exempel i fältmiljöer där redan krävande förhållanden kan råda.

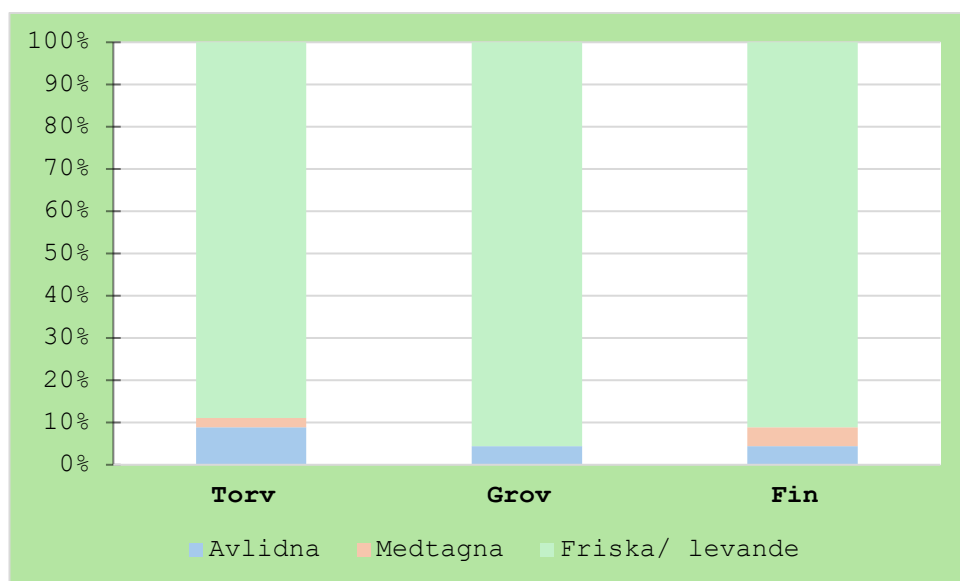
Rot/skottkvoten för de tre försöksleden skiljde sig en del men gemensamt för alla substrat var att en större andel av vikten fanns i plantornas skottdel än i rotdelen. Tall odlad i 100 procent torv hade den lägsta rot/skottkvoten (56 procent) och därmed även den jämnaste fördelningen mellan rot- och skottdel av de tre försöksleden med övervägande vikt på skottdelen (Tabell 2). Plantor odlade i substratet med 50 procent grovmalen industrihampa och 50 procent torv hade näst högst och näst jämnast rot/skottkvot, 63 procent med övervägande vikt på skottdelen (Tabell 2). Tall odlad i 50 procent finmalen industrihampa och 50 procent torv hade den högsta rot/skottkvoten av alla försöksled, på 67 procent och i jämförelse med de andra substraten hade plantor odlade i detta substrat störst viktandel på skottdelen.

Tabell 2. Medelvärden för de olika försöksledens skott, rot och totala torrsvikt såväl samt rot/skottkvot. Rot/ skott-kvoten analyserades för de 96 plantor som inte nyttjades till försöksodlingen.

Försöksled	Rot (g)	Skott (g)	Total vikt (g)	Rot/skott-kvot
Torv	0,420	0,753	1,173	56%
Grov	0,226	0,356	0,582	63%
Fin	0,140	0,209	0,349	67%

3.3 Plantmortalitet

Efter de fyra veckornas odling i RGC-bad hade några plantor i samtliga substrat dött eller observerats ha tydligt nedsatt vitalitet. Bland plantorna odlade i torv var mortaliteten högst. För dessa var 89 procent av levande och friska, nio procent av plantorna var döda och två procent hade nedsatt vitalitet. Bland plantorna odlade i substratet grov var 96 procent av plantorna levande vid odlingens slut och fyra procent var döda. Totalt 91 procent av plantorna odlade i substratet fin var levande och friska vid odlingens slut, medan fyra procent var döda och fyra procent hade tydligt nedsatt vitalitet (Figur 4).



Figur 4. Andelen plantor, för respektive substrat, som var friska, hade nedsatt vitalitet eller var döda vid inventering 29 dagar efter starten av testodlingen.

3.4 Höjdtillväxt

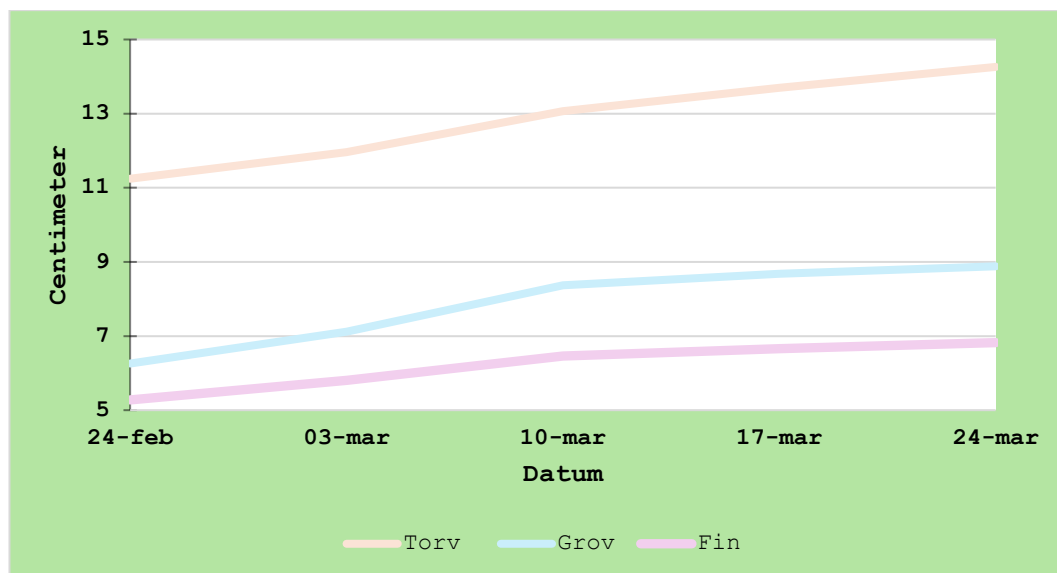
Utgångshöjderna var olika för plantor odlade i de tre substratblandningarna. Plantor odlade i konventionell torv var vid odlingsförsökets start i genomsnitt 11,2 cm medan motsvarande siffror för plantor odlade i substratblandningarna med torv och grovmalen industrihampa var 6,3 cm och för plantorna odlade i torv och finmalen industrihampa 5,3 cm (Tabell 3). Efter fyra veckors odling var tall odlad i substratet grov de plantor som hade haft bäst procentuell tillväxt

motsvarande 42 procent av utgångshöjden eller 2,6 cm. Detta var också de plantor som i centimeter haft näst bäst tillväxt för de tre studerade substraten. Plantorna odlade i torv hade vid slutet av testodlingen en medelhöjd på cirka 14,3 centimeter vilket motsvarade en procentuell ökning på 27 procent. Detta var den lägsta siffran bland de tre substraten (Tabell 3). Plantorna odlade i substratet fin hade en medelhöjd vid försöksodlingens slut på cirka 6,8 centimeter motsvarande en procentuell tillväxt på 29 procent. Detta substrat hade resulterat i den lägsta tillväxten under försöksodlingen sett till tillväxt i centimeter, men den näst bästa procentuella tillväxten (Tabell 3).

Tabell 3. De olika försöksledens medelhöjder vid början och slutet av det fyra veckor långa odlingsförsöket samt tillväxt i centimeter och uttryckt som procentandel av ursprunglig höjd.

Försöksled	Medelhöjd vid odlingens start (cm)	Medelhöjd vid odlingens slut (cm)	Plantornas tillväxt (cm)	Procentuell tillväxt (%)
Torv	11,2	14,3	3,0	27%
Grov	6,3	8,9	2,6	42%
Fin	5,3	6,8	1,5	29%

Under odlingsperiodens första två mättillfällen den 3:e och 10:e mars observerades en högre tillväxt i centimeter jämfört med tillväxten som noterades under odlingsförsökets senare mätningar som utfördes den 17:e och 24:e mars. Plantorna i alla substrat hade alltså en större genomsnittlig tillväxt under de första två veckorna för att sedan ha något lägre tillväxt under de resterande två veckorna av odlingsförsöket (Figur 5).



Figur 5. Plantornas uppmätta höjd per odlingssubstrat under hela försöksperioden, mätt en gång per vecka i centimeter.

3.5 Hypotesprövning

Hypotesprövning genomfördes för att undersöka huruvida tall odlad i antingen 50 procent grovmalen industrihampa och 50 procent torv, eller 50 procent finmalen industrihampa och 50 procent torv hade en bättre höjdtillväxt än tallplantor odlade i enbart konventionell torv. Dessutom undersöktes huruvida tall odlad i 50 procent grovmalen industrihampa och 50 procent torv, hade bättre höjdtillväxt än tallplantor odlade i 50 procent finmalen industrihampa och 50 procent torv.

Vid jämförelse av höjdtillväxten mellan plantor odlade i 50 procent grovmald industrihampa och 50 procent torv och plantor framodlade i enbart torv kunde det med 99,9 procent sannolikhet, bevisas att plantor framodlade i enbart konventionell torv hade haft bättre höjdtillväxt (Bilaga 3). Resultatet blev detsamma vid jämförelsen av höjdtillväxten mellan plantor framodlade i enbart torv och plantor framodlade i 50 procent finmald industrihampa där det med 99,9 procents sannolikhet kunde påvisas att plantor odlade i torv hade haft den bättre höjdtillväxten under testodlingen (Bilaga 4).

Vid jämförelse av skillnader i höjdtillväxt mellan plantor framodlade i 50 procent grovmalen industrihampa och 50 procent torv samt plantor framodlade i 50 procent finmalen industrihampa och 50 procent torv kunde det med 95 procents sannolikhet bevisas att plantorna under testodlingen växt bättre i substratblandningen med 50 procent grovmalen industrihampa (Bilaga 5).

För att genomföra en bedömning av hypoteserna jämfördes det beräknade z-värdet med z-värdet enligt tabell. Hypotesen H_0 kan förkastas och därmed mothypotesen H_1 bevisas om det beräknade värdet ligger längre från noll än tabellvärdet. Slutsatsen att H_1 gäller blir säkrare ju längre från noll det beräknade z-värdet kommer. Det största z-värdet beräknades för hypotesen med jämförelser mellan tall framodlad i enbart torv och tall odlad i 50 procent finmalen industrihampa, där z-värdet var 14,8364 (Bilaga 3). Den minsta skillnaden i z-värde beräknades utifrån hypotesprövningen vid jämförelsen mellan tall framodlad i 50 procent finmalen industrihampa och tall framodlad i grovmalen industrihampa och där beräknades z-värdet till 2,0583 (Bilaga 5).

3.6 Rottillväxt

När odlingen avslutats efter fyra veckor analyserades mängden nybildade rötter (Figur 6), efter 24 timmars torkning och efterföljande vägning. Mängden nybildade rötter varierade mellan individuella plantor, och ett medelvärde beräknades i gram torrsvikt, dels per tre plantor, samt per försöksled.



Figur 6. Tre plantor framodlade i 100 procent konventionell torv från plantlåda torv 3(4), plantor ett – tre. Rötter utanför de röda linjerna räknades till plantornas rottillväxt.

Plantorna framodlade i 100 procent konventionell torv var det försöksled som efter testodlingen i RGC-bad hade haft bäst rottillväxt med motsvarande 0,569 gram per planta i genomsnitt. Plantorna framodlade i 50 procent finmalen industrihampa och 50 procent torv utgjorde det försöksled som hade haft sämst rottillväxt, 0,368 gram per planta i genomsnitt. De plantor som odlats fram i 50 procent grovmalen industrihampa och 50 procent torv hade 0,443 gram i rottillväxt i genomsnitt, per planta (Tabell 4).

Tabell 4. Rottillväxt i genomsnitt per planta fördelat på försöksled i gram torrsvikt.

Försöksled	Rottillväxt, per planta (g)
Torv	0,569
Grov	0,443
Fin	0,368

4. Diskussion

Torv och torvbrytning är ett omtalat ämne i debatten om dagens miljö. Att våtmarker återställs och bevaras anses av många som en viktig del för att minska växthusgasutsläpp och binda mer kol (Naturvårdsverket 2024). Att hitta alternativa substrat till dagens torvanvändning är därför mycket attraktivt. Flera olika odlingssubstrat har testats (Heiskanen et al. 2024; Bodell & Vestlund 2023; Marotti et al. 2023; Eskandari et al. 2019; Eriksson 1996; Mattson 1996), men ett likvärdigt odlingssubstrat till torv tycks ännu inte ha hittats. Industrihampa är en relativt ny produkt på marknaden som ännu inte studerats i så stor utsträckning, därför tillför studier som denna ny och viktig kunskap.

Rot/skottkvoten för det plantmaterial som användes som utgångspunkt för denna studie varierade mellan de olika försöksleden. Jämnast fördelning hade de plantor som framodlats i 100 procent torv med en rot/skottkvot på 56 procent. Försöksleden grov och fin hade en något högre rot/skottkvot, 63 procent respektive 67 procent. Gemensamt för samtliga försöksled var en större viktandel på plantornas skottdel. Ett antagande till varför rot/skottkvoten var högre för substrat med blandningar innehållande grov eller fin industrihampa kan vara att dessa generellt innehåller lägre nivåer av tillgänglig näring. Dessutom kan i dessa alternativa substrat, tillsatt gödsel ha utlakats i högre utsträckning. Det har visat sig i tidigare odlingsförsök att plantor som fått en mer begränsad tillgång på mineralkväve under odling också fått en större rotandel (Rytter & Ericsson 2000). Dessa torv- och industrihampabaserade blandningar kanske då inte lämpar sig i just denna form som odlingssubstrat för tallplantor eller behöver förbättras på något vis.

Resultaten gällande rot/skottkvoten i denna studie kan även jämföras med rot/skottkvoten i Dörr & Åkessons (2024) tidigare studie av plantodling i industrihampa. Resultatet från deras studie visade på en rot/skottkvot på 28 procent efter 75 – 78 dagar efter sådd, för plantor odlade i 100 procent torv med övervägande vikt på skottdelen. Denna kvot skiljer sig stort från rot/skottkvoten i denna studie. Resultatet i Dörr & Åkessons (2024) studie angående rot/skottkvot för tall odlad i 50 procent industrihampa och 50 procent torv kan till viss del jämföras med försöksleden Grov och Fin i denna studie. För Dörr och Åkesson (2024) blev resultatet efter 75 – 78 dagars odling i den substratblandningen en rot/skottkvot på 44 procent, vilket var klart lägre än rot/skottkvoten i denna studie. Anledningen till att rot/skottkvoterna skiljer sig mellan studierna är antagligen dels beroende av att plantorna i Dörr och Åkessons (2024) studie odlats under enbart 75 – 78 dagar, dels eventuella skillnader angående tillgång till vatten och näring under odlingen.

I detta odlingsförsök utvärderades de tidigare framodlade (Dörr & Åkesson 2024) tallplantornas etableringsförmåga. Resultatet av den fyra veckor långa försöksodlingen i en kontrollerad miljö visade att plantor framodlade i 100 procent konventionell torv hade haft den bästa höjdtillväxten och rottillväxten av de tre försöksleden. Tallplantor framodlade i 50 procent grovmalen industrihampa och 50 procent torv, hade bättre höjd- samt rottillväxt i jämförelse med tallplantor framodlade i 50 procent finmalen industrihampa och 50 procent torv (Figur 5).

En iakttagelse som gjordes under odlingsföröket var att RGC-lådornas vikt skiljde sig markant mellan odlingssubstraten vid omflyttningarna. De RGC-lådor som innehöll plantor framodlade i odlingssubstratet innehållande 100 procent torv var betydligt tyngre än de som innehöll plantmaterial med de två blandningarna med industrihampasubstrat. Dessutom extraherades betydligt mer överblivet vatten efter bevattning från de två industrihampasubstratens plantor än för de plantor som framodlats i enbart torv. En förklaring till detta är sannolikt att torv har en bättre vattenhållande förmåga än industrihampa och att RGC-lådorna med plantor framodlade i 100 procent torv således blir tyngre vid vattning.

4.1 Felkällor

Hela försöksodlingsprocessen så väl som datainsamlingen har under studien utförts med strävan efter att minska felkällor. Dock förekommer felkällor som skulle kunna ge viss påverkan på resultatet. Nedan följer en redogörelse för dessa.

Alla plantkartonger som förvarats i Skogsmästarskolans lager visade sig inte varit helt nedfrusna när de togs fram. Några plantkassetter var genomfrusna, några var halvfrusna och några var tinade redan vid upptag ur lagret. Detta skulle kunna ge olika utgångslägen för plantor i olika kartonger men tillhörande samma försöksled, vilket i viss mån skulle kunna ha påverkat resultaten.

Plantorna hade vid etableringen av odlingsförsöket olika utgångshöjder beroende på försöksled. De plantor som tidigare odlats fram i ett substrat med 100 procent torv var genomgående högre än plantorna i de två industrihampablandningarna. Under odlingen på plantskolan var både gödslings- och bevattningsprogrammen anpassade för odling i torv vilket kan ha missgynnat tillväxten för de andra två försöksleden och därmed också givit dessa ett sämre utgångsläge inför RGC-testodlingen.

Odlingsmiljön där RGC-baden var placerade hade en varierande temperatur som visade sig var svår att helt kontrollera och hålla totalt jämn. Temperaturen var vid några kontrolltillfällen över +20 grader Celsius. Detta kan ha haft betydelse för plantornas tillväxt och vattenbehov. Alla plantor från alla försöksled växte dock i samma utrymme och därmed samma miljö under hela testodlingen.

Vid höjdmätningen under försöksodlingen var det i vissa fall svårt att mäta plantornas höjd exakt. Det var ibland svårt att se var plantans skott slutade och barren började. Vissa plantor växte även något krökta, vilket försvårade en exakt mätning.

Vid arbetet med rötterna var det ibland svårt att få bort allt odlingssubstrat från plantornas rotsystem och helt rengöra rötterna från plantorna odlade i 100 procent torv. En viss del finrötter antas ha sköljts bort eller missats i samband med detta. Plantorna odlade i 50 procent finmalen industrihampa och 50 procent torv hade mycket sköra rötter vilket gjorde det svårt att hålla dessa hela vid rengöringen. En

viss del rötter från detta substrat anses därför missats i vägningen. Dock bedöms detta i så fall haft väldigt marginell påverkan på resultatet.

4.2 Slutsats

Hypoteserna att plantor framodlade i 50 procent grovmalen industrihampa och 50 procent torv, samt plantor framodlade i 50 procent finmalen industrihampa och 50 procent torv skulle växa bättre efter plantering och fyra veckors testodling jämfört med plantor odlade i 100 procent torv blev i båda fallen motbevisade. Det visade sig dock att plantorna framodlade i 50 procent grovmalen industrihampa och 50 procent torv hade en bättre procentuell höjdtillväxt (Tabell 3), än de plantor som var framodlade i 50 procent finmalen industrihampa och 50 procent torv.

Rottillväxten under testodlingen var bättre för plantor framodlade i 100 procent torv, jämfört med rottillväxten hos de plantor som odlats fram i något av de två industrihampasubstraten. Resultaten visar att det går att odla fram tallplantor i industrihampablandningar men att etableringsförmågan vid plantering kan minska. Detta gäller åtminstone i det fall plantorna tidigare odlats fram med samma gödslings- och bevattningsprogram optimerat för odling i konventionell torv. Plantorna framodlade i blandningar med industrihampa kan därigenom ha fått mindre skott- och rotsystem som utgångsläge förutsatt att samma odlingstid använts.

Om industrihampa skulle kunna vara ett lämpligt substitut till dagens torvanvändning är svårt att avgöra och ytterligare studier behövs därför gällande lämpliga storleksfraktioner av industrihampa, lämpliga inblandningar med andra material och den bästa bevattnings- och gödslingsregimen för en viss substratblandning.

4.3 Vidare studier

Nedan följer ytterligare några förslag till framtida studier om industrihampa som odlingssubstrat:

- Etablera försök plantor som har liknande utgångshöjd för att enklare kunna jämföra höjdtillväxten och rotutvecklingen
- Kontrollera industrihampans vattenhållande förmåga
- Etablera ett odlingsförsök ute i fält
- Studera effekter på plantornas vitalitet vid kyl- och fryslagring i homogena lagringsförhållanden och längre lagringsperioder på upp till cirka 5 – 7 månader

Referenser

- Andersson, P. (2024). Svenska Skogsplantor ersätter torv med träfiber. Skogsaktuell. 12 augusti 2024.
<https://www.skogsaktuell.se/artikel/2235949/svenska-skogsplantor-erstter-torv-med-trfiber.htmlb> [2025 – 05 – 06]
- Berglind, A., & Bernzen, N. (2023). *Odlingsförsök med Pinus sylvestris i gransågsån blandat med hydrokol respektive pyrokol*. (Examensarbete 2023) Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsmästarprogrammet.
- Bodell, R. & Vestlund, E. (2023). *Gransågsån som odlingssubstrat för tall-, gran- och björkplantor*. (examensarbete 2023) Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsmästarprogrammet.
- Burdett, A.N. (1987). Understanding root growth capacity: theoretical considerations in assessing planting stock quality by means of root growth tests. Can. J. For. Res. 17(8), s 768–775.
- Cherney, J.H. Small, E. (2016). *Industrial Hemp in North America: Production, Politics and Potential*. Agronomy, 6(4), p.58.
<https://doi.org/10.3390/agronomy6040058>
- Crini, G., Lichtfouse, E., Chanut, G. and Morin-Crini, N. (2020). *Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal bedding, food, biofuels, bioplastics, nutraceuticals, and cosmetics*. Environmental Chemistry Letters, 18(5), pp. 1451–1476. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01029-2>
- Dörr, H. & Åkesson, J. (2024). *Industrihampa som odlingssubstrat vid produktion av skogsplantor*. (examensarbete 2024) Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsmästarprogrammet.
- Eriksson, B. (1996). *Självbärande substrat för skogsplantodling*. Skogforsk. Nr 341.
<https://www.skogforsk.se/contentassets/30c738ac983344aaaa1529d3555e0c15/arbetsrapport-341-1996.pdf> [2025 – 04 – 10]
- Eskandari, S. Mohammadi, A. Sandberg, M. Lutz Eckstein, R. Hedberg, K. Granström, K. (2019). *Hydrochar-Amended Substrates for Production of Containerized Pine Tree Seedlings under Different Fertilization Regimes*.
- European Industrial Hemp Association (EIHA) (2021). *Carbon Sink Potential of Hemp Cultivation*. Brussels: EIHA. <https://eiha.org>
- Franck, J. & Nylander, I. (2022). *Beroendemedicin*. 3 uppl., Studentlitteratur.

Hallsby, G. (2013). *Plantering av barrträd*. Skogsskötselserien del 3. Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-3-plantering-av-barrtrad.pdf> [2025-05-25]

Hansen, K. Hellsten, S. Holmgren, K. Liljeberg, M. Valley, S. Wisell, T. Zetterberg, T. Olsson Öberg, M. (2016). *Torvutvinningens miljöpåverkan*. (C 198). Stockholm: IVL Miljöinstitutet AB.

Heiskanen, J. Ruhanen, H. Himanen, K. Kivimäenpää, M. Silvan, N. (2024). *Growth of Nordic container forest tree seedlings in some peatless and peat-reduced growing media*.

Johansson, K. (2008). Odlingssubstrat. <https://www.skogforsk.se/contentassets/00244879a6ec42299b2f7dce96d79f2f/plantskolan-lektion5.pdf> [2025 – 04 – 10]

Jordbruksverket (2025). *Odla hampa*. <https://jordbruksverket.se/stod/jordbruk-tradgard-och-rennaring/jordbruksmark/gardsstod/odla-hampa> [2025 – 04 – 11]

Loisel, J., Gallego-Sala, A.V., Amesbury, M.J., Magnan, G., Anshari, G., Beilman, D.W., Benavides, J.C., Blewett, J., Camill, P., Charman, D.J., Chawchai, S., Hedgpeth, A., Kleinen, T., Korhola, A., Large, D., Mansilla, C.A., Müller, J., van Bellen, S., West, J.B., Yu, Z., Bubier, J.L., Garneau, M., Moore, T., Sannel, A.B.K., Page, S., Välranta, M., Bechtold, M., Brovkin, V., Cole, L.E.S., Chanton, J.P., Christensen, T.R., Davies, M.A., De Vleeschouwer, F., Finkelstein, S.A., Frolking, S., Galka, M., Gandois, L., Girkin, N., Harris, L.I., Heinemeyer, A., Hoyt, A.M., Jones, M.C., Jovani-Sancho, A.J., Juutinen, S., Kaiser, K., Lacourse, T., Lamentowicz, M., Larmola, T., Leifeld, J., Lohila, A., Milner, A.M., Minkinen, K., Moss, P., Naafs, B.D.A., Nichols, J., O'Donnell, J., Payne, R., Philben, M., Piilo, S., Quillet, A., Ratnayake, A.S., Roland, T.P., Sjögersten, S., Sonnentag, O., Swindles, G.T., Swinnen, W., Talbot, J., Treat, C., Valach, A.C. & Wu, J. (2021). Global peatlands under future climate – carbon storage and greenhouse gas fluxes, *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(3), pp. 196–211. doi: [10.1038/s43017-021-00205-4](https://doi.org/10.1038/s43017-021-00205-4).

Mariotti, B., A Olet, J., Andivia, E., Tsakalimi, M., Villar-Salvador, P., Ivetic, V., Montagnoli, A., Kerkez Jankovic, I., Bilir, N., Bohlenius, H., Cvjetkovic, B., Dumins, K., Heiskanen, J., Hinkov, G., Sundheim Floistad, I. & Coccozza, C. (2023). *A Global Review on Innovative, Sustainable, and Effective Materials Composing Growing Media for Forest Seedling Production*

Mataruga M, Cvjetković B, De Cuyper B, Aneva I, Zhelev P, Cudlín P, Metslaid M, Kankaanhuhta V, Collet C, Annighöfer P, et al. (2023). Monitoring and control of forest seedling quality in Europe. *For Ecol Manage* 546:121308. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121308>.

Mattson, A. (1996). *Spån från sågverksindustrin*. Plantnytt. 1996:2.

https://www.skogforsk.se/cd_20191104123650/contentassets/0f6fb0f6f1aa4ca0bf52a1c643702c13/plantnytt-1996-2.pdf [2025 – 05 – 24]

Mattsson, A. (1986). RGC-metoden – ett hjälpmedel för att upptäcka rotskador. *Plantnytt*. 1986:5.

<https://www.skogforsk.se/contentassets/f7056975f15046cbb87fc37194ed9866/plantnytt-1986-5.pdf> [2025 – 05 – 24]

Mossberg, B. & Stenberg, L. (2018). *Nordens flora*. Bonnier fakta.

Naturskyddsföreningen. (2023). *Odling med torv – så påverkar det klimatet*.

<https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/odla-med-torv-sa-paverkar-det-klimatet/> [2025 – 04 – 10]

Naturvårdsverket. (2024). *Varför behövs skyddad natur?*

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/skyddad-natur/varfor-behovs-skyddad-natur/#:%7E:text=Naturen%20beh%C3%B6ver%20skyddas%20%C3%B6r%20att,rening%20av%20luft%20och%20vatten> [2025 – 04 – 11]

Naturvårdsverket. (2024). *Våtmarker och klimat*.

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/vatmark/vatmarker-och-klimat/?fbclid=IwAR0Yg7jMEpMTtMU9tgqwDm8ljYC8LxocTYOh0BK02TI8jyziRMcSAv1SeV0> [2025 – 04 – 10]

Prade, T., Svensson, S.-E. & Mattsson, J.E. (2011). *Biomass and energy yield of industrial hemp grown for biogas and solid fuel*. *Biomass and Bioenergy*, 35(7), pp.3040-3049. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.04.006>

Riddlestone, S., Stott, E., Bright, S. & Wright, J. (2019). *The Carbon Sequestration Potential of Hemp and Flax as Sustainable Crops*. *Journal of Natural Fibers*, 16(7), pp.994-1003.

<https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1441092>

Rytter, L. & Ericsson, T. (2000). Effektivare utnyttjande av gödselmedel i skogsplantaskolor. *Plantaktuellt*, 2000:1 (1), 8.

https://www.skogforsk.se/cd_20191107090514/contentassets/efdbf29255e749fca46a5c960ae274bc/plantaktuellt-2000-1.pdf [2025-05-24]

SGU (Sveriges geologiska undersökning). (2021). *Torvbruk*.

<https://www.sgu.se/samhallsplanering/planering-och-markanvandning/markanvandning/torvbruk/> [2025 – 04 – 10]

Skogsstyrelsen. (2024). *Levererade skogsplantor*.

<https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistik-efter-amne/levererade-skogsplantor/> [2025 – 05 – 20]

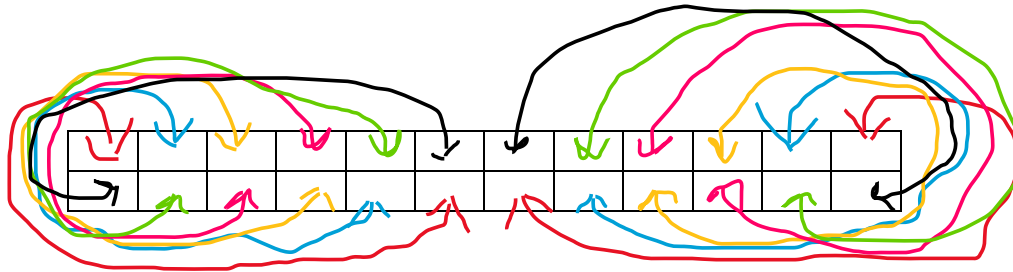
Stenhag, S. (2023). *Åt skogen med statistik*. Skogsmästarskolan; Sveriges lantbruksuniversitet

Thorebring, A. & Svarvare, T. (2024). *Testodling av jättepoppel-, vårtbjörks-, och tallplantor i torv och gransågspånssubstrat kombinerat med biokol*. (Examensarbete 2024:03). Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsmästarprogrammet.

Wennström, U., Hjelm, K. Lindström, A. & Stattin, E. (2016), *Produktion av frö och plantor*. (Skogsskötselserien 2016:2). Skogsstyrelsen.
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-2-produktion-av-fro-och-plant.pdf>

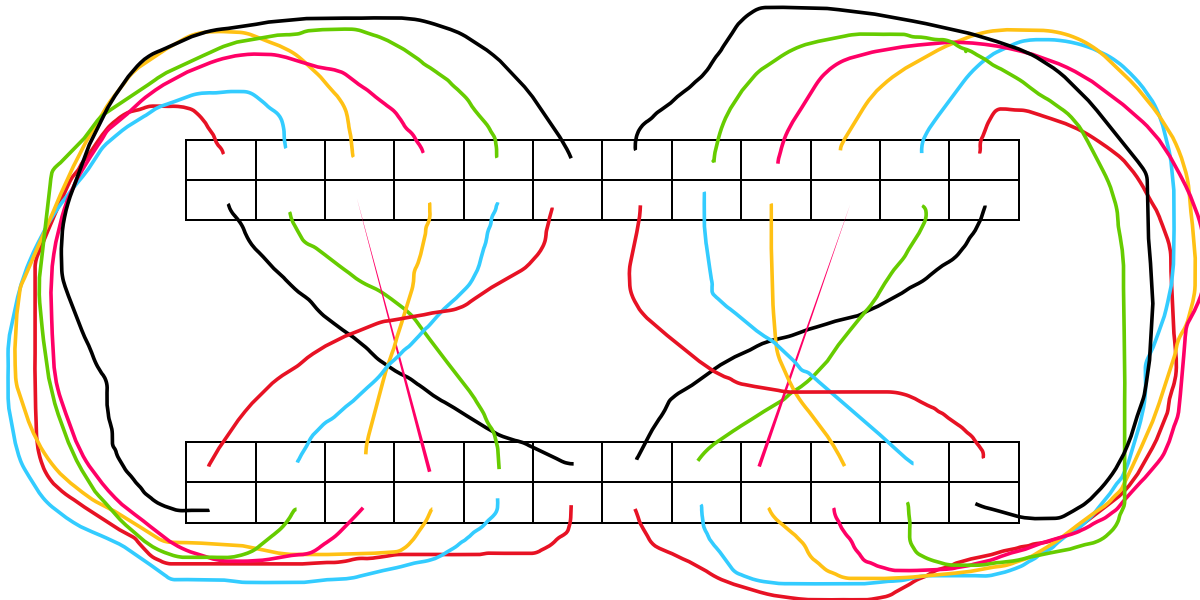
Bilaga 1

Ordningen som RGC-kassetterna flyttades i RGC-baden inför odlingsvecka två och fyra.



Bilaga 2

Ordningen RGC-kassetterna flyttades mellan RGC-baden inför odlingsvecka fyra.



Bilaga 3

μ_1 = Genomsnittlig höjdtillväxt i centimeter för tall odlad i industrihampa, sönderdelat två gånger (Grov)

μ_2 = Genomsnittlig höjdtillväxt i centimeter för tall odlad i torv

$$\begin{cases} H_0: \mu_1 = \mu_2 \\ H_1: \mu_2 > \mu_1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0 \\ H_1: \mu_2 - \mu_1 > 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} 1 \text{ och } 2 \text{ har } \textit{samma} \text{ medelvärde} \\ 2 \text{ har } \textit{högre} \text{ medelvärde än } 1 \end{array}$$

Vi antar att H_0 är sann.

Försöksled 1 Grov: $\bar{x} = 8,8812$, $s = 2,8768$, $n = 48$

Försöksled 2 Torv: $\bar{x} = 14,2604$, $s = 2,9846$, $n = 48$

Formeln 6.2.3 valdes, då både n_1 och n_2 var ≥ 30 , samt att undersökningsvariablernas fördelningar var okända men stickproven stora

$$Z = \frac{(\bar{x}_2 - \bar{x}_1) - (\mu_2 - \mu_1)}{\sqrt{\frac{s_2^2}{n_2} + \frac{s_1^2}{n_1}}} = \frac{(14,2604 - 8,8812) - (0)}{\sqrt{\frac{2,9846^2}{48} + \frac{2,8768^2}{48}}} \approx 8,9903$$

5 % nivå enkelsidigt test $Z = 1,64$. H_0 förkastas

1 % nivå enkelsidigt test $Z = 2,33$. H_0 förkastas

0,1 % nivå enkelsidigt test $Z = 3,09$. H_0 förkastas

Slutsats: H_0 förkastats på signifikansnivå av 0,1 procent. Alltså stämmer H_1 med 99,9 procents säkerhet. Tall växer bättre i torv än i industrihampa raffinerat två gånger.

Bilaga 4

μ_1 = Genomsnittlig höjdtillväxt i centimeter för tall odlad i industrihampa, sönderdelat fyra gånger (Fin)

μ_2 = Genomsnittlig höjdtillväxt i centimeter för tall odlad i torv

$$\begin{cases} H_0: \mu_1 = \mu_2 \\ H_1: \mu_2 > \mu_1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0 \\ H_1: \mu_2 - \mu_1 > 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} 1 \text{ och } 2 \text{ har } \textit{samma} \text{ medelvärde} \\ 2 \text{ har } \textit{högre} \text{ medelvärde än } 1 \end{array}$$

Vi antar att H_0 är sann.

Försöksled 1 Fin: $\bar{x} = 6,8229$ $s = 1,7761$ $n = 48$

Försöksled 2 Torv: $\bar{x} = 14,2604$, $s = 2,9846$, $n = 48$

Formeln 6.2.3 valdes, då både n_1 och n_2 var ≥ 30 , samt att undersökningsvariablernas fördelningar var okända men stickproven stora

$$Z = \frac{(\bar{x}_2 - \bar{x}_1) - (\mu_2 - \mu_1)}{\sqrt{\frac{s_2^2}{n_2} + \frac{s_1^2}{n_1}}} = \frac{(14,2604 - 6,8229) - (0)}{\sqrt{\frac{2,9846^2}{48} + \frac{1,7761^2}{48}}} \approx 14,8364$$

5 % nivå enkelsidigt test $Z = 1,64$. H_0 förkastas

1 % nivå enkelsidigt test $Z = 2,33$. H_0 förkastas

0,1 % nivå enkelsidigt test $Z = 3,09$. H_0 förkastas

Slutsats: H_0 förkastats på signifikansnivå av 0,1 procent. Alltså stämmer H_1 med 99,9 procents säkerhet. Tall växer bättre i torv än i industrihampa raffinerat fyra gånger.

Bilaga 5

μ_1 = Genomsnittlig höjdtillväxt i centimeter för tall odlad i industrihampa, sönderdelat fyra gånger (Fin)

μ_2 = Genomsnittlig höjdtillväxt i centimeter för tall odlad i industrihampa, sönderdelat två gånger (Grov)

$$\begin{cases} H_0: \mu_1 = \mu_2 \\ H_1: \mu_2 > \mu_1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0 \\ H_1: \mu_2 - \mu_1 > 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{1 och 2 har } \textit{samma} \text{ medelvärde} \\ \text{2 har } \textit{högre} \text{ medelvärde än 1} \end{array}$$

Vi antar att H_0 är sann.

Försöksled Fin: $\bar{x} = 6,8229$ $s = 1,7761$ $n = 48$

Försöksled Grov: $\bar{x} = 8,8813$ $s = 2,8768$ $n = 48$

Formeln 6.2.3 valdes, då både n_1 och n_2 var ≥ 30 , samt att undersökningsvariablernas fördelningar var okända men stickproven stora

$$Z = \frac{(\bar{x}_2 - \bar{x}_1) - (\mu_2 - \mu_1)}{\sqrt{\frac{s_2^2}{n_2} + \frac{s_1^2}{n_1}}} = \frac{(8,8813 - 6,8229) - (0)}{\sqrt{\frac{2,8768^2}{48} + \frac{1,7761^2}{48}}} \approx 2,0583$$

5 % nivå enkelsidigt test $Z = 1,64$. H_0 förkastas

1 % nivå enkelsidigt test $Z = 2,33$. H_0 accepteras

Slutsats: H_0 förkastats på signifikansnivå av fem procent. Alltså stämmer H_1 med 95 procents säkerhet. Tall växer bättre i industrihampa raffinerat två gånger än tall i industrihampa raffinerat fyra gånger.

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.