



# Kan tillsats av ett kommersiellt inokulum öka koloniseringen av mykorrhiza och förbättra växters vigör?

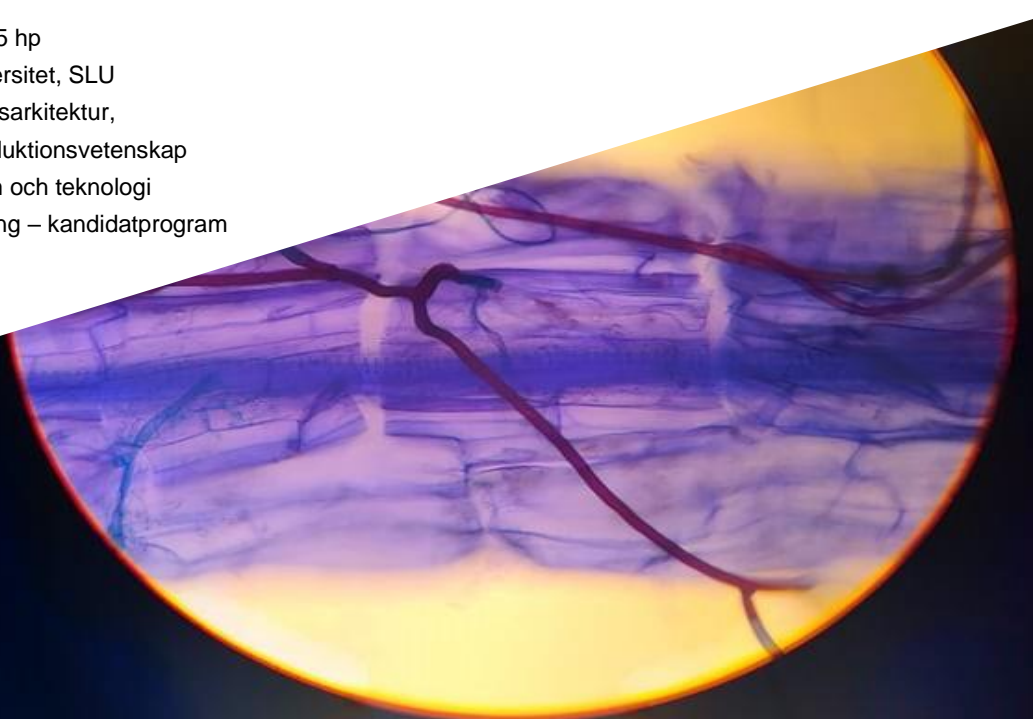
– En undersökning av växters fenotyp i samband med arbuskulär mykorrhiza i besksöta (*Solanum dulcamara*)

---

*Can the addition of a commercial inoculum increase the colonization of mycorrhiza and improve the vigor of plants?*

Loka Cehlin Norrman

Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för landskapsarkitektur,  
trädgårds- och växtproduktionsvetenskap  
Institution för Biosystem och teknologi  
Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram  
Alnarp 2021





# Kan tillsats av ett kommersiellt inokulum öka koloniseringen av mykorrhiza och förbättra växters vigör? – En undersökning av växters fenotyp i samband med arbuskulär mykorrhiza i besksöta (*Solanum dulcamara*)

*Can the addition of a commercial inoculum increase the colonization of mycorrhiza and improve the vigor of plants?*

Loka Cehlin Norrman

**Handledare:** Kristin Aleklett Kadish, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtskyddsbiologi.  
**Bitr. handledare:** Åsa Lankinen, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växtskyddsbiologi.  
**Examinator:** Linda-Maria Dimitrova Mårtensson, Sveriges lantbruksuniversitet, Biosystem och teknologi.

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i Trädgårdsvetenskap

**Kurskod:** EX0844

**Program/utbildning:** Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

**Kursansvarig inst.:** Institution för Biosystem och teknologi

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2021

**Omslagsbild:** Loka Cehlin Norrman

**Serietitel:**

**Delnummer i serien:**

**ISSN:**

**Nyckelord:** *Solanum dulcamara*, besksöta, mykorrhiza, AM, DSE, Inokulering, genotyp, fenotyp, friland,

odlingskammare

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för landskapsarkitektur,  
trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

## 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.

## Sammanfattning

Vi lever i en evigt föränderlig värld där dagens miljöförändringar i samband med en ökad population ställer höga krav på våra bönder att producera starka och motståndskraftiga grödor. Ett sätt att bemöta dessa problem kan vara att använda sig av naturliga biostimulanter i sin odling som förbättrar växternas allmänna tillstånd. En naturlig biostimulant som finns på marknaden idag är jordtillsattser som innehåller sporer från arbuskulära mykorrhizasvampar, kallade inokulum. Arbuskulär mykorrhiza är en symbios mellan växters rötter och jordlevande svampar som anses ha en positiv påverkan på plantans tillväxt och stresstålighet. I denna rapport beprövades ett kommersiellt inokulum som finns på marknaden. Inokulering gjordes på en vild art inom potatissläktet som heter besksöta (*Solanum dulcamara*). Besksöta är en art som kan växa i många olika habitat och får då varierande utseende beroende på miljö. För att ta reda på ifall det går att öka kolonisation av arbuskulär mykorrhiza i besksöta utformades ett försök som delades upp i diverse moment där frön tagna från vilda populationer som kommer från olika habitat först planterades och drevs upp i en odlingskammare. Det fanns även ett intresse att ta reda på ifall det fenotypiska uttrycket hos besksötan varierar beroende på vilket habitat moderplantan till fröna kommer ifrån om plantor drivs upp under samma förutsättningar. Ett inokulum applicerades till hälften av plantorna i odlingskammaren för att jämföra om denna behandling ledde till ökad kolonisation och vigör i växterna. Samma inokulum applicerades även till besksötaplantor på friland för att ta reda på ifall det är lättare eller svårare att lyckas med applikationen i odlingskammare eller på friland. Resultat från inokuleringen visar att det kommersiella inokulumet som valts inte är dugligt nog för att lyckas öka kolonisation av svampar i rötterna hos besksöta varken i odlingskammare eller på friland. Vid mätningar av plantor visade det sig dock att längdtillväxt hos plantor på friland är större hos plantor som blivit behandlade med inokulum, detta skulle kunna vara en effekt av näringen som finns i inokulumet snarare än svamparna, eller de andra svampendofyter som påträffades i inokulerade växter. Det framkom även att det fanns en viss fenotypisk skillnad mellan besksötaplantor som drivits upp från frön baserat på vilket habitat moderplantan kommer ifrån.

*Nyckelord:* Mykorrhiza, arbuskulär mykorrhiza, inokulum, besksöta, *solanum dulcamara*

## Abstract

We live in a world that is forever changing where today's environmental changes in connection with an increased population place high demands on our farmers to produce strong and resilient crops. One way to address these problems could be to use natural biostimulants to improve the general condition of our plants. A natural biostimulant available on the market today is soil additives that contain spores from arbuscular mycorrhizal fungi, called inoculum. Arbuscular mycorrhiza is a symbiosis between plant roots and soil living fungi that has a positive effect on plant growth and resistance against stress. In this report, we examined the effects of a commercial inoculum of arbuscular mycorrhizal fungi that exists on the market, on a wild species in the potato genus called bittersweet nightshade (*Solanum dulcamara*). Bittersweet nightshade is a species that can be found in many different habitats, their appearance varies depending on the environment they grow in. An experiment was designed to find out if it is possible to increase the colonization of arbuscular mycorrhiza equally in plants originating from different types of habitats by adding a commercial inoculum. The experiment was divided into various steps where seeds taken from wild populations in different habitats were first planted and raised in a cultivation chamber. There was also an interest in finding out if the phenotypic expression of bittersweet nightshade varies depending on which habitat the mother plant of the seeds comes from, even if the plants were raised under the same conditions. An inoculum was then applied to half of the plants in the cultivation chamber. The same inoculum is also applied to bittersweet nightshade plants in a trial field to find out if the application was more successful in the cultivation chamber or under field conditions. Results from the inoculation show that the commercial inoculum failed to increase the colonization rates of arbuscular mycorrhizal fungi in the roots, both in the cultivation chambers and in the field. When plants were measured, it turned out that the overall growth of plants from the field was greater in plants that had been treated with the inoculum, this may be an effect of the nutrients present in the inoculum rather than the fungi or the dark septate endophytes found in inoculated plants. Results also indicate that there is a phenotypic difference between plants of bittersweet nightshade grown from seeds based on which habitat the mother plant comes from.

*Keywords:* Mycorrhiza, arbuscular mycorrhiza, inoculum, bittersweet, *solanum dulcamara*

# Innehållsförteckning

<b>Kan tillsats av ett kommersiellt inokulum öka koloniseringen av mykorrhiza och förbättra växters vigör? – En undersökning av växters fenotyp i samband med arbuskulär mykorrhiza i besksöta (<i>Solanum dulcamara</i>) .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introduktion.....</b>	<b>14</b>
1.1. <i>Solanum dulcamara</i> L.....	14
1.2. Rhizosfären och jordlevande svampar .....	15
1.2.1. Arbuskulär mykorrhiza.....	16
1.2.2. Användning av inokulum med AMF inom jordbruket. ....	17
1.3. Syfte, frågeställningar och hypoteser.....	18
1.3.1. Avgränsningar .....	19
<b>2. Metod och Material. ....</b>	<b>20</b>
2.1.1. Växtmaterial.....	20
2.1.2. Inokulum .....	21
2.2. Groning av <i>S. dulcamara</i> frön. ....	21
2.3. Odlingsförsök .....	22
2.3.1. Växthusodling av <i>S. dulcamara</i> från olika vilda populationer med tillsats av kommersiellt AMF-inokulum .....	22
2.3.2. Frilandsodling av <i>S. dulcamara</i> med tillsats av ett kommersiellt AMF-inokulum. ....	23
2.3.3. Avslutande mätningar av plantor .....	23
2.4. Infärgning av rötter .....	24
.....	25
2.5. Mikroskopering av rotprov.....	26
2.6. Statistiska analyser .....	26
2.6.1. Statistiska analyser för plantor från odlingskammaren.....	26
2.6.2. Statistiska analyser för plantorna från frilandsförsöket .....	26
<b>3. Resultat .....</b>	<b>28</b>
3.1. Groning och tillväxt av plantor .....	28
3.1.1. Groning av frön i odlingskammaren .....	28

3.1.2.	Tillväxt i odlingskammaren .....	29
3.2.	Avslutande mätningar .....	30
3.2.1.	Resultat från odlingskammaren baserat på lokal .....	30
3.2.2.	Resultat från odlingskammaren baserat på behandling.....	33
3.2.3.	Resultat från frilandsförsöket baserat på behandling.....	35
3.3.	Mikroskopering.....	36
<b>4.</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>40</b>
4.1.	Hur skiljer sig besksötaplantor åt fenotypiskt baserat på deras populationsursprung? 40	
4.2.	Kan man främja rotkolonisation och vigör i besksöta genom att tillsätta ett kommersiellt inokulum med sporer från arbuskulära mykorrhiza svampar? .....	41
<b>5.</b>	<b>Slutsats .....</b>	<b>43</b>
<b>6.</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>44</b>
<b>7.</b>	<b>Bilaga 1 .....</b>	<b>47</b>



## Tabellförteckning

Tabell 1. Lista över de populationer av <i>S. dulcamara</i> vars frön använts i försöket och deras ursprungliga växtplats och fuktighetsgraden på denna. Färgerna representerar vilket habitat plantan har vuxit på, där lokaler med samma färg i olika nyanser kommer ifrån liknande habitat. Färgerna är genomgående i studien. ....	20
Tabell 2 Groningsdata från odlingskammaren, baserat på vilken lokal och vilket habitat moderplantan till fröna kom ifrån. Presenteras i både heltal och % . ....	28
Tabell 3. Blomningsdata av plantorna. Visar hur många av plantorna som blommade vid transplantation samt hur många som blommade vid avslut av försöket. ....	36
Tabell 4. Tabell som visar resultat från mikroskoperingen av plantor odlade i odlingskammaren. Antal plantor för varje grupp som mikroskoperades och vilka strukturer som hittades i plantorna. De enda strukturer som hittades var av DSE. ....	37

## Figurförteckning

- Figur 1. Beskrivande bild av hur en *S. dulcumara* planta kan se ut.....15
- Figur 2. Schematisk bild som visar strukturer hos AM- svampar utanför roten och inne i rotcellerna. 1) en spor utanför rotcellen. 2) Hyfer som börjar utanför rotcellen och tar sig in i cellerna hos roten. 3) En vesikel inne i roten som sitter ihop med hyferna. 4) Arbuskler som sitter ihop med hyfer inne i en cell i roten. ....17
- Figur 3. Karta som visar vart moderplantorna som fröna till försöket har vuxit. 1) Habo ljung. 2) Borgeby. 3) Tvedöra. 4) Lomma beach. 5) Kämpinge. 6) Gentikum. 7) Limhamnsvägen. ....21
- Figur 4: Bildserie för plantering av frön i en odlingskammare samt första uppkomsten av en planta. A) Frön från population Lomma beach innan plantering. B) Det torvbaserade substratet som används till försöket. C) Krukor med plats på tråg i odlingskammaren. D) En planta från populationen Lomma Beach med sitt första karaktärsblad. ....22
- Figur 5. Bildserie av avslutande mätningar för en planta ifrån odlingskammaren. Bilderna är tagna av en kontrollplanta (Grupp A) ur Limhamns populationen. A) Plantan vid ovanjordiska mätningar. Bild B) Plantans rötter vid upptagningen ur kukan. C) Plantans rötter efter borttagning av substrat. D) Plantans rötter efter klippningen till infärgningen. ....24
- Figur 6.. Bildserie av infärgningen av rötter. A) Rotprov innan första kokningen. B) Rotprov i vattenbadet efter första kokningen. C) Rotprov efter första kokningen och avsköljningen. D) Rotprov efter infärgningen med bläcklösningen. E) Rotprov efter 24h avfärgning i 5% vinägerlösningen. F) Bläcket som används för att göra bläcklösningen till infärgningen. ....25
- Figur 7. Infärgade rötter från en planta.....26
- Figur 8. Linjediagram som visar tillväxten av plantorna i odlingskammaren, från omplanteringen till skörden, baserat på vilken lokal fröna ursprungligen kom ifrån. Tillväxten presenteras i medeltal med standardavvikelse. Lokaler med samma färg är klassade ihop baserat på ståndorten där moderplantorna växte. ....29
- Figur 9. Linjediagram som visar tillväxten av plantorna i odlingskammaren, från omplantering till skörd, baserat på vilken behandling plantorna fick (Inokulerad eller Kontroll). Tillväxten presenteras i medeltal med

- standardavvikelse. Gröna felstaplar tillhör kontrollgruppen och röda felstaplar tillhör gruppen med inokulum. ....30
- Figur 10. Avslutande mätningar av plantlängd från odlingskammaren, plantor är grupperade baserat på lokal och värden anges i medeltal med standardavvikelse. Lokaler är klassade i två grupper, antingen A eller B baserat på resultat från ANOVA och posthoc Tukey-test. Lokaler med klassning A är statistiskt lika varandra. Lokaler med klassning B är statistiskt lika varandra. Grupperna A och B skiljer sig från varandra statistiskt med ett p-värde lägre än 0,05. Lokalerna klassas även i grupper baserat på vilket habitat moderplantan som fröna togs ifrån har vuxit. ....31
- Figur 11. Avslutande mätningar från odlingskammaren av antal blad på plantorna, baserat på lokal. Presenteras i medeltal. Samtliga lokaler tillhör samma grupp (A) enligt resultat av ANOVA och posthoc Tukey-test. Detta visar att alla lokaler är statistiskt lika varandra. Lokaler med samma färg är klassade ihop baserat på ståndorten där moderplantorna växte.....32
- Figur 12. Avslutande mätningar från odlingskammaren av rotlängd hos plantorna, baserat på lokal, presenterat i medeltal med standardavvikelse. Lokaler är klassade i två grupper, antingen A eller B enligt resultat från ANOVA och posthoc Tukey-test. Lokaler klassade som A är statistisk lika varandra. Lokaler klassade B är statistiskt lika varandra. Grupperna A och B skiljer sig från varandra statistiskt med ett p-värde lägre än 0,05. Lokaler med samma färg är klassade ihop baserat på ståndorten där moderplantorna växte. ....32
- Figur 13. Avslutande mätningar av plantlängd i odlingskammaren, baserat på behandling. Plantornas längd presenteras i medeltal med standardavvikelse. Parat t-test ger frihetsgrad (df) på 5. Det tvåsidiga t-kritiska värdet är 2,57, t-kvoten är 1,70 och ett tvåsidigt p-värde på 0,15 vilket antyder att det inte är någon statistisk skillnad mellan behandlingar.....33
- Figur 14. Avslutande mätningar av antal blad på plantorna i odlingskammaren. Antal blad per planta presenteras i medeltal baserat på behandling. Parat t-test ger frihetsgrad (df) 5. Det tvåsidiga t-kritiska värdet är 2,57, t-kvoten är 2,79 och ett tvåsidigt p-värde på 0,04 vilket antyder att det finns en statistisk skillnad mellan behandlingar.....34
- Figur 15. Avslutande mätningar av rotlängd hos plantorna i odlingskammaren, baserat på behandling. Presenteras i medeltal. Parat t-test ger frihetsgrad (df) 5. Det tvåsidiga t-kritiska värdet är 2,57, t-kvoten är 0,99 och ett tvåsidigt p-värde på 0,36 vilket antyder att det inte är någon statistisk skillnad mellan behandlingar.....34
- Figur 16. Mätningar av plantlängd från frilandsförsöket. Plantlängd presenteras i medeltal baserat på behandling. Staplar med ränder visa plantlängden vid plantering, ifyllda staplar visar plantlängden vid skörd. T-test vid

planteringen ger en frihetsgrad på (df) 20, det tvåsidiga t-kritiska värdet är 2,09, t-kvoten är -0,90 och ett tvåsidigt p-värde på 0,38. Vid avslut ger t-testet istället ett tvåsidigt p-värde på 0,06. Dessa resultat visar att det finns en antydning till skillnader, men inga bevis för en statistisk skillnad i plantlängd mellan behandlingar.....35

Figur 17. Mätningar av rotlängd hos plantorna från frilandsförsöket, baserat på behandling. Presenteras i medeltal. Staplar med mönster visa rotlängden vid plantering, ifyllda staplar visar rotlängden vid skörd. T-test vid planteringen ger en frihetsgrad på (df) 20, det tvåsidiga t-kritiska värdet är 2,09, t-kvoten är -0,15 och ett tvåsidigt t-värde på 0,88. Vid avslut ger t-testet en frihetsgrad (df) på 20, det tvåsidiga t-kritiska värdet är 2,09, t-kvoten är 4,58 och ett tvåsidigt t-värde på 0,0002. vilket antyder att det finns en tydlig statistisk skillnad i rotlängd mellan behandlingar vid skörd. ....36

Figur 18. Rotprov under mikroskop med förstoring 100x & 400x av svampstrukturer som hittats och klassats i försöket. A) Ett tomt rotprov, här syns enbart rotens celler och ledningsvävnaden i mitten. B) Ett rotprov med hyfer på utsidan av roten. Hyferna syns som röda på bilden. C) Hyfer inne i rotcellerna på ett rotprov. Hyferna syns som blåa på bilden. D) Arbuskler i ett rotprov. Arbusklerna syns som blåa nystan i cellerna. E) En vesikel i ett rotprov, vesikeln syns som en lila, cirkelformad struktur. F) Sporer i ett rotprov. Sporerne syns som mindre, mörkare prickar på bilden. G) Strukturer av dark septate endophytes (DSE). Strukturerna är blåa och avlånga.....37

Figur 19. Resultat av mikroskoperingen från frilandsförsöket. Figuren illustrerar de fem plantor som mikroskopades från gruppen som inte blev behandlade med ett inokulum. Varje svampstruktur illustreras av en färg. Figur visar ej på mängd utan enbart om svampstrukturen påträffades i rötterna hos plantan eller ej. ....38

Figur 20. Resultat av mikroskoperingen från frilandsförsöket. Figuren illustrerar de fem plantor som mikroskopades från gruppen som behandlats med ett inokulum. Varje svampstruktur illustreras av en färg. Figur visar ej på mängd utan enbart om svampstrukturen påträffades i rötterna eller ej. ....39

## Förkortningar

SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
AM	Arbuskulär mykorrhiza
DSE	Dark septate endophytes

# 1. Introduktion

I samband med miljöförändringar såsom förhöjda temperaturer, översvämningar, torka och extrema väderförhållanden behöver våra grödor utvecklas till att bli mer motståndskraftiga (McCarl, 2010; Smit & Skinner, 2002). Samtidigt ökar världspopulationen succesivt vilket ställer högre krav på våra bönder att producera mer mat (Ericksen et al., 2009; McQueen, 2000).

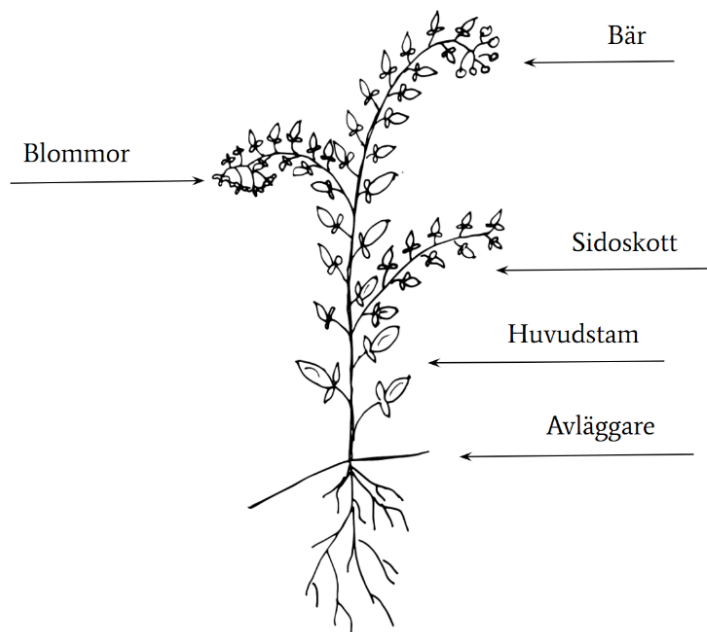
Mot denna bakgrund växer intresset av att få en djupare förståelse för hur de naturliga biostimulanterna som finns i jorden kan utnyttjas (Parađiković et al., 2019). I detta arbete undersöks symbiosen mellan arbuskulära mykorrhizasvampar och växten besksöta (*Solanum dulcamara* L.). Anledningen till att vi valde att studera just besksöta och dess symbios med mykorrhizasvampar, är att växten är besläktad med många kommersiellt viktiga grödor såsom potatis och tomat och känd för att ha en god adaptation till varierande biotoper (Savinykh & Konovalova, 2019).

## 1.1. *Solanum dulcamara* L.

*S. dulcamara* är en vild växt i familjen *Solanaceae* med en global utbredning. Den är en av få vilda släktingar till potatisen som är inhemsk i Europa (Golas et al., 2010). *S. dulcamara* är en växt som adapterat sig till att växa i många olika biotoper, och den kan hittas i väldigt fuktiga marker såsom i kärr men även i torra marker som sanddynor och stadsmiljöer. Beroende på var plantorna växer kan de få varierande fenotypiska uttryck (D'Agostino et al., 2013).

Besksötan är en perenn växt, bladen är strödda och triangulära till formen och övre blad kan även vara flikiga ned mot bladbasen. Stammen kan vara nedliggande eller klättrande beroende på omgivningen, och den nedre delen av stammen blir ofta vedartad hos äldre plantor. Den sprids både via frön och underjordiska utlöpare. Blommorna växer i kvastliknande knippen och är violetta till färgen, bären får en oval form och är köttiga och röda (Fig. 1) (Ogräsrådgivaren, SLU u. å.).

Beroende på växtplats kan besksötans morfologi se olika ut, där en solig och torr plats ger kortare buskigare plantor med längre och djupare rötter medan en fuktigare och skuggigare miljö ger längre plantor som bildar fler adventivrötter (Zhang et al., 2016).



Figur 1. Beskrivande bild av hur en *S. dulcumara* planta kan se ut.

## 1.2. Rhizosfären och jordlevande svampar

Runt omkring och inuti växters rötter finns det ofantligt många olika mikroorganismer som påverkas av och påverkar rötterna, något som i sin tur påverkar hela växten. Här sker ett näringsutbyte mellan planta, jord och mikroorganismer där plantan har möjlighet att påverka sin omgivning genom att utsöndra rotexudat, och mikroorganismer kan påverka plantan genom att utsöndra diverse kemiska substanser. Denna zon runt rötterna kallas för rhizosfären, (Berendsen et al., 2012; Hinsinger et al., 2006). I detta arbete kommer samspelet mellan de jordlevande svamparna och växter utvärderas och beprövas, där svampar som påverkar växterna positivt står i fokus.

Mykorrhiza är en symbios som kan bildas mellan jordlevande svampar och växters rötter (Rillig & Mummey, 2006). Fossila fynd av svampstrukturer i några av våra äldsta landlevande växter indikerar att detta är en symbios som funnits med sedan växterna först började ta sig upp på land och är förmodligen en stor faktor till deras framgång och adaptation (Walker et al., 2018). Svampen förser växten med svåråtkomliga näringsämnen, och i utbyte får svampen kolföreningar av växten (Smith & Smith, 2011). Mykorrhizasvamparna delas ofta in i fyra stora grupper: 1) Ektomykorrhiza, svampar som ej tränger in i rotcellen för utbyte utan lever på ytan av roten och återfinns till största del i barrträd såsom gran. 2) Erkoidmykorrhiza bildar symbios med bland annat blåbär och ljung. 3) Orkidémykorrhiza svampar som bildar symbios med orkidéer. 4) Arbuskulär mykorrhiza (AM), vilket är

gruppen av svampar som kommer tas upp i denna rapport, vilka mestadels bildar symbios med örtartade växter men även med en del buskar och träd (Heijden et al., 2015). Erkoidmykorrhiza, orkidé mykorrhiza och arbuskulär mykorrhiza är grupper med svampar vars hyfer tar sig in i rotcellerna hos växter för att bilda en symbios. Denna typ av mykorrhiza kallas även för endomykorrhiza (Genre et al., 2020). I jorden hittar vi även en annan grupp med svampar vars påverkan på växter ännu är omdiskuterad. Denna grupp kallas för dark septate endophytes (DSE). Studier gjorda på denna grupp visar varierande resultat, där vissa växter påverkas negativt genom att få mindre biomassa än plantor utan DSE i rötterna, medan andra växter påverkas positivt och får en ökad biomassa (Andrade-Linares et al., 2011; Hammer et al., 2014; Jumpponen & Trappe, 1998).

### 1.2.1. Arbuskulär mykorrhiza

AM är en av de vanligaste formerna av mykorrhiza (Heijden et al., 2015). AM-svamparna kan bilda symbios med ca 85% av alla våra odlade grödor och spelar därför en viktig ekonomisk roll i agrikulturen (Basiru et al., 2021). Svampen växer med hyfer vilket är tunna celltrådar som genom att förgrena sig och växa samman bygger upp stora nätverk under jorden, detta nätverk av hyfer kallas för ett mycel. Svampen utnyttjar sedan detta nätverk för att skicka behövande ämnen över stora avstånd (Fig. 1:2.) (Souza, 2015). Detta nätverk av hyfer i jorden ger även växten en större kontaktyta med marken och hjälper till att ta upp vatten från stora avstånd till växten. Hyferna bryter även ned organiskt material för att utvinna näring samt gör otillgänglig näring tillgänglig för växtrötter att ta upp (Piliarová et al., 2019). Hyferna kan vara fleråriga om någon störning som exempelvis översvämning, erosion, bearbetning av maskiner eller annan mänsklig påverkan inte uppstår (Maltz & Treseder, 2015)

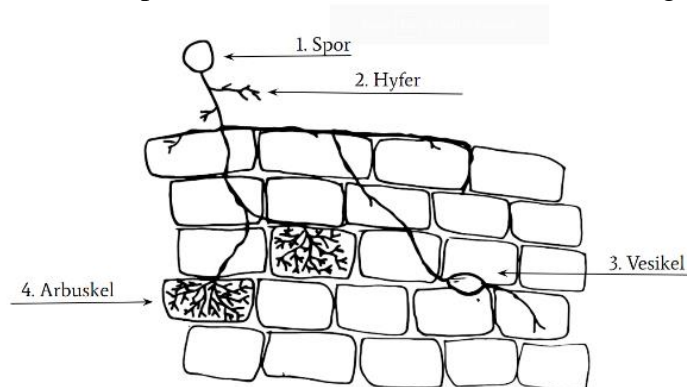
Hyfer är generellt tunnare än växtrötter och kan därför lättare komma åt svåråtkomliga näringsämnen och förse dessa till växtrötterna i vad som kan anses vara en underjordisk byteshandel (Huey et al., 2020). Svampens mycel förbättrar också jordstrukturen genom att bilda aggregat (Rillig & Mummey, 2006) och mycelet förankrar plantan till marken (Genre et al., 2020).

Med hjälp av svamparnas mycel som kopplar samman individuella plantor till ett nätverk under jorden kan växterna även skicka signaler och näringsämnen till varandra (Gorzalak et al., 2015)

En av AM-svamparnas mest betydelsefulla roll i näringsutbytet är transporten av fosfor till växterna. Detta är ett av de viktigaste näringsämnen som växter behöver för att överleva, men ofta finns detta ämne i låga koncentrationer i marken och är svårtillgängligt för rötterna. Svampens hyfer tar upp fosfor i marken och transporterar det till rötterna (Carbonnel & Gutjahr, 2014). Hyfnätverket som omger rötterna minskar även läckage av ämnen och kan därför bidra till minskad övergödning av våra jordbruk. (Heijden et al., 2015). När en planta lider av fosfor



eller kvävebrist exuderar rötterna hormoner som kallas för strigolaktoner, detta hormon signalerar till AM-svamparna att påbörja kolonisation av roten (Akiyama et al., 2005; Carbonnel & Gutjahr, 2014; Gutjahr, 2014). AM-svampar består, förutom av hyfer, av ett flertal olika strukturer (Fig. 2); sporer som används för förökning (fig 2:1), vesiklar som förvarar fettsyror för överlevnad (Fig 2:3). Den struktur som har gett AM svamparna sitt namn, arbuskulär mykorrhiza, är de strukturer som kallas för arbuskler (Fig 2:4). Detta är en förgrening av svamparnas hyfer som sker inuti rotcellen. Denna trädlika förgrening av hyfer ökar kontaktytan mellan svampen och rotcellerna för ett effektivt näringsutbyte (Souza, 2015).



Figur 2. Schematisk bild som visar strukturer hos AM- svampar utanför roten och inne i rotcellerna. 1) en spor utanför rotcellen. 2) Hyfer som börjar utanför rotcellen och tar sig in i cellerna hos roten. 3) En vesikel inne i roten som sitter ihop med hyferna. 4) Arbuskler som sitter ihop med hyfer inne i en cell i roten.

### 1.2.2. Användning av inokulum med AMF inom jordbruket.

Genom att lära oss mer om sambandet mellan svamparna och våra grödor kan vi förhoppningsvis utnyttja det gratisarbetet AM-svamparna utför åt oss, näringstillförsel, bättre vattenåtkomst, starkare tolerans mot abiotisk och biotisk stress med mera. Detta ger i det långa loppet förhoppningsvis en bättre planthälsa och ökade skördar. Detta bidrar även till mindre behov av att använda kemiska medel, minskar användningen av gödselmedel, och därmed minskas risken för övergödning och läckage till vattendrag (Goss et al., 2017; Messa & Savioli, 2021). För att tillsätta AM-svampar i odlingar använder man sig av ett så kallat inokulum, vilket är jordtillsatser som i huvudsak består av isolerade svampstrukturer, ibland tillkommer också bakterier och näring (Cornell et al., 2021). Enligt en metastudie kan skörden öka med 15-30% genom att tillsätta ett inokulum till odlingen (Messa & Savioli, 2021).

Vid inokulering av AM svampar är det ett flertal faktorer som påverkar om det blir en lyckad inokulering eller inte. Det är bra att ha i åtanke att svampens förmåga att kolonisera varierar beroende på vilken svampart det är (Klironomos & Hart, 2002).

Det första att ta hänsyn till är att välja ett inokulum som innehåller svamparter som kan få en lyckad symbios med just den växtart man odlar. Det är även viktigt att inokulering sker vid rätt tidpunkt, med överseende för plantans ålder, om den är flerårig eller ettårig, tillväxthastighet samt hur lång tid det tar för sporena att gro. Det finns även yttre faktorer att ta hänsyn till som påverkar växternas och svamparnas allmänna välmående och tillväxthastighet. Till exempel: temperaturen, vad det är för pH i marken, vattenmängden i marken, vad det är för storlek på aggregaten i jorden samt jordmånen. Även markens näringsinnehåll har en stark påverkan, där för höga halter av fosfor minskar chansen för en lyckad inokulering (Goss et al., 2017; Messa & Savioli, 2021). Vid inokulering på friland är det viktigt att även ta hänsyn till de mikroorganismer som redan finns på plats (Cornell et al., 2021).

### 1.3. Syfte, frågeställningar och hypoteser.

Eftersom besöksöta kan få varierna fenotypiska uttryck beroende på vart de växer finns det ett intresse att ta reda på ifall detta enbart har med miljön att göra eller ifall det även sitter i det genetiska uttrycket hos plantorna. För att ta reda på detta planteras frön från vilda populationer och drivs upp under samma förutsättningar för att sedan kunna jämföra deras morfologi.

Det finns även ett intresse att ta reda på ifall besöksötplantor som drivits upp från frön i en odlingskammare kan inokuleras med ett kommersiellt inokulum för att öka kolonisationen av AM svampar. Det är även intressant att ta reda på ifall det är lättare eller svårare att inokulera plantor på friland med samma kommersiella inokulum.

När vi utför tester på *S. dulcamara* hoppas vi på att kunna få en bättre förståelse för hela potatissläktet och på så sätt kunna dra slutsatser om hur vi ska gynna våra odlade grödor. Med detta som bakgrund ställs tre frågeställningar upp med nollhypoteser och mothypoteser.

- Hur skiljer sig besöksötplantor åt fenotypiskt baserat på deras populationsursprung.

$H_0$ : Det finns ingen signifikant fenotypisk skillnad mellan plantor som kommer ifrån olika habitat.

$H_1$ : Det finns en signifikant fenotypisk skillnad mellan plantor som kommer ifrån olika habitat.

- Kan man främja rotkolonisation i besksöta och förbättra växternas vigör genom att tillsätta ett kommersiellt inokulum med sporer från arbuskulära mykorrhiza svampar i odlingskammare?

H<sub>0</sub>: Det går inte att främja rotkolonisation och växtvigör i besksöta genom att tillsätta ett kommersiellt inokulum med sporer från arbuskulära mykorrhiza svampar i odlingskammare

H<sub>1</sub>: Det går att främja rotkolonisation och växtvigör i besksöta genom att tillsätta ett kommersiellt inokulum med sporer från arbuskulära mykorrhiza svampar i odlingskammare

- Kan man främja rotkolonisation i besksöta och förbättra växternas vigör genom att tillsätta ett kommersiellt inokulum med sporer från arbuskulära mykorrhiza svampar på friland?

H<sub>0</sub>: Det går inte att främja rotkolonisation och växtvigör i besksöta genom att tillsätta ett kommersiellt inokulum med sporer från arbuskulära mykorrhiza svampar på friland

H<sub>1</sub>: Det går att främja rotkolonisation och växtvigör i besksöta genom att tillsätta ett kommersiellt inokulum med sporer från arbuskulära mykorrhiza svampar på friland

### 1.3.1. Avgränsningar

Detta arbete fokuserar på samarbetet mellan arbuskulära mykorrhiza svampar och besksöta, där ett kommersiellt inokulum beprövas för att ta reda på om inokulering är en bra metod för ökad kolonisation och avkastning. Skillnaden i tillväxt av besksötaplantor beroende på vilket habitat moderplantan till fröna har vuxit i undersöks också.

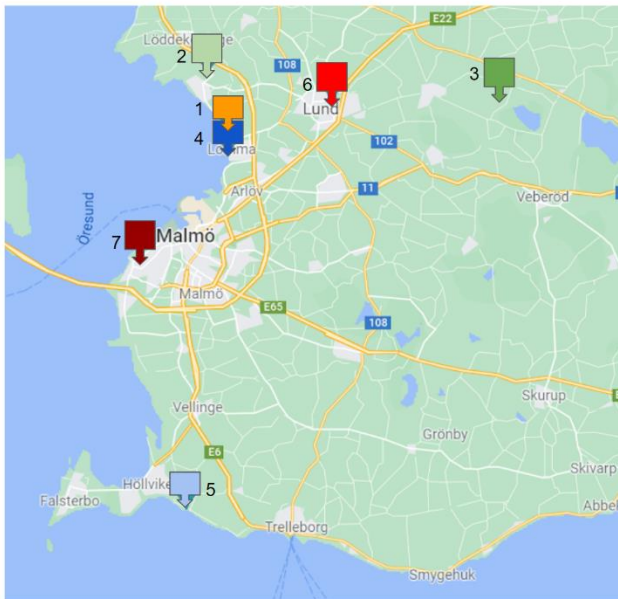
## 2. Metod och Material.

### 2.1.1. Växtmaterial

Frön som användes till försöket kom från sju vilda populationer och samlades in i fält år 2020 (Fig. 3). Populationerna har även klassats i fuktighetsgrad och delas in i fyra grupper baserat på hur växtplatsen såg ut (Tabell 1 & fig. 3). I en parallell pågående studie har fältundersökningar visat att växter ifrån dessa populationer skiljer sig åt fenotypiskt baserat på bland annat hur långa skott och hur många frukter de producerar (Alekklett et al. Opublicerad data) vilket antyder att olika strategier kan vara gynnsamma för växterna i dessa skilda miljöer.

*Tabell 1. Lista över de populationer av *S. dulcamara* vars frön använts i försöket och deras ursprungliga växtplats och fuktighetsgraden på denna. Färgerna representerar vilket habitat plantan har vuxit på, där lokaler med samma färg i olika nyanser kommer ifrån liknande habitat. Färgerna är genomgående i studien.*

Plats på karta	Namn på population	Fuktighetsgrad	Habitat
1	Habo ljung	Blöt	Skog
2	Borgeby	Blöt	Jordbrukslandskap
3	Tvedöra	Blöt	Jordbrukslandskap
4	Lomma beach	Torr	Strand
5	Kämpinge	Torr	Strand
6	Genetikum	Torr	Stad
7	Limhamnsvägen	Torr	Stad



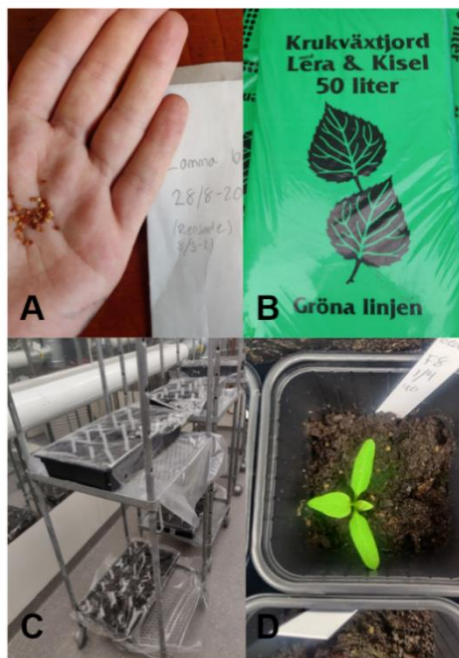
Figur 3. Karta som visar vart moderplantorna som fröna till försöket har vuxit. 1) Habo ljung. 2) Borgeby. 3) Tvedöra. 4) Lomma beach. 5) Kämpinge. 6) Gentikum. 7) Limhamnsvägen.

### 2.1.2. Inokulum

Inokulumet som används i försöket heter GROWtect Mykorrhiza RF 20 (Meyer u. å) och innehåller sporer från tre svamparter: *Rhizophagus irregularis*, *Funneliformis mosseae* och *Funneliformis caledonium*. Inokulumet innehåller utöver svampsporer näring i koncentrationerna: 0,2% N, 0,1% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> & 0,2% K<sub>2</sub>O. Inokulumet tillsattes enligt anvisningar på förpackningen (Bilaga 1).

## 2.2. Groning av *S. dulcamara* frön.

Från varje population planterades 40 frön i 10 krukor, sammanlagt 400 frön per population. Samtliga frön planterades i ett torvbaserat substrat, med näringsinnehåll av NPK på 14-7-15 (Fig. 4A & B), och krukorna placerades på tråg. För att hålla fukten täcktes krukorna med plast innan de placerades i en odlingskammare (Fig. 4C). Sådd utfördes den 1:a april 2021. Fröna vattnades därefter två gånger i veckan och vid uppkomst av plantor togs plasten bort från krukorna (Fig. 4D). Antal plantor som kom upp noterades.



Figur 4: Bildserie för plantering av frön i en odlingskammare samt första uppkomsten av en planta. A) Frön från population Lomma beach innan plantering. B) Det torvbaserade substratet som används till försöket. C) Krukor med plats på tråg i odlingskammaren. D) En planta från populationen Lomma Beach med sitt första karaktärsblad.

## 2.3. Odlingsförsök

### 2.3.1. Växthusodling av *S. dulcamara* från olika vilda populationer med tillsats av kommersiellt AMF-inokulum

För att kunna dra slutsatser om behandlingen fungerade var det viktigt att samtliga plantor i försöket i drevs upp likadant. Detta för att kunna utesluta att andra yttre faktorer påverkade möjlig symbios med mykorrhiza svamparna. För att uppnå ett så homogent klimat som möjligt för samtliga plantor användes en odlingskammare med tidsbestämd ljustillgång och temperatur. Temp: 20°C. Ljustillgång: 16h/dag 8h/natt. Ljusintensitet 160  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ .

Den 17 Maj, 47 dagar efter sådd beslutades det att omplantering till 1,5 L krukor skulle ske. Enbart 49 plantor av 2 800 sådda frön hade grott. I detta skede tillsattes även 10 g av det kommersiella AMF-inokulumet, GROWtect Mykorrhiza RF 20, till hälften av plantorna. Vi kallade denna behandling B och kontrollplantorna behandling A. För varje population slumpades vilka plantor som skulle få vilken behandling, där hälften av plantorna inom en population fick en behandling. För plantering av behandling B vägdes 10g inokulum upp som sedan blandades med 1,5 L substrat innan nedplantering av plantan.

Efter omplanteringen ställdes plantorna tillbaka i odlingskammaren och fortsattes att övervakas. Vattning skedde var 3:e dag och mätningar av tillväxt utfördes fyra gånger under loppet av 51 dagar. Ingen övrig näring tillsattes under försökets gång.

### 2.3.2. Frilandsodling av *S. dulcamara* med tillsats av ett kommersiellt AMF-inokulum.

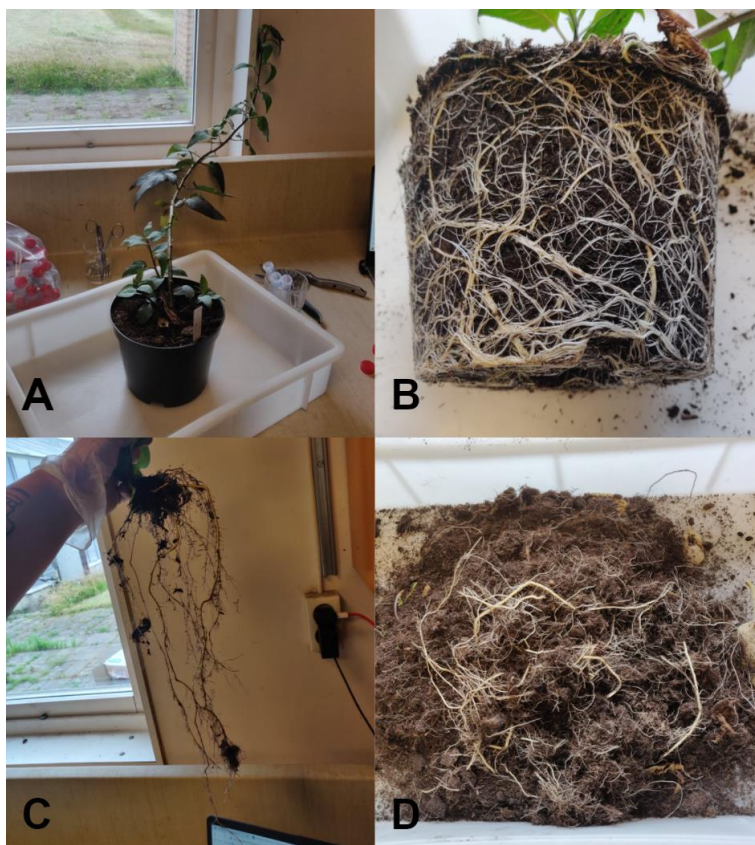
Den 8 Juni 2021 skedde transplantation av plantor i Alnarps trädgårdslabb. 22st *S. dulcamara* plantor som kommit upp som ogräs i ett gammalt fält togs försiktigt upp och omplanterades till ett annat nytt försöksfält som grävts upp och gödslats. Längd på skott ovan jord, rötter och avläggare mättes vid transplantationen. 11 plantor fick här behandling B men nu med tillsats av 30g istället för 10g inokulum. Plantorna planterades i två rader med 1 m radavstånd och ett plantavstånd på 0,5 m. Behandlingarna planterades i två avskilda rader för att minska risken för läckage av inokulumet till kontrollplantorna.

### 2.3.3. Avslutande mätningar av plantor

Den 9 Juli 2021, 51 dagar efter omplanteringen, 100 dagar efter sådd skördades plantorna från odlingskammaren. Plantorna från trädgårdslabbet skördades den 29 juli 2021, 51 dagar efter transplantationen.

Avslutande mätningar togs på samma sätt för samtliga plantor i experimentet och för att undvika att fina rötter skulle trilla av skördades plantorna när jorden var torr. Först mättes de ovanjordiska delarna av plantan, längd på huvudstam och antal blad. Antal sidoskott samt längd och antal blad på dessa. Synlig skada eller annan avvikelse på plantan noterades även. Om blommor eller bär fanns så räknades dem också.

När ovanjordiska delar hade utvärderats så togs plantan försiktigt ut ur sin kruka och rötter skakades rena från substrat (Fig. 5A, B & C) Längd och bredd på rötter noterades, ifall plantan hade börjat bilda avläggare togs även mått på denna.



Figur 5. Bildserie av avslutande mätningar för en planta ifrån odlingskammaren. Bilderna är tagna av en kontrollplanta (Grupp A) ur Limhamns populationen. A) Plantan vid ovanjordiska mätningar. Bild B) Plantans rötter vid upptagningen ur krukkan. C) Plantans rötter efter borttagning av substrat. D) Plantans rötter efter klippningen till infärgningen.

Efter att mätningar av en planta avslutats så klipptes rötterna av (fig. 5D). Rötterna klipptes i ca 10-20 cm stora sektioner, blandades runt och fördelades upp i två 25 ml provrör. Rören märktes med lokal, behandling och datum. Vid infärgning valdes ett av provrören slumpmässigt.

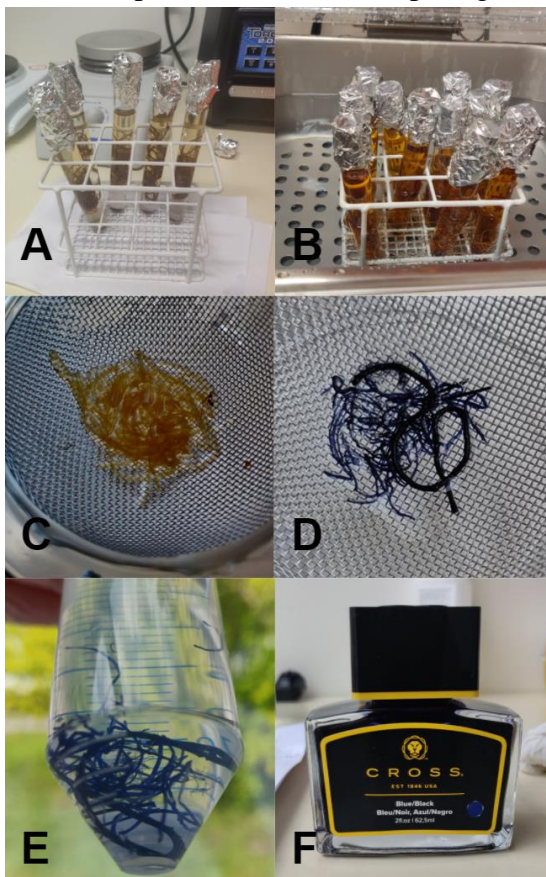
## 2.4. Infärgning av rötter

Rötter från experimentet färgades in och jämfördes med varandra för att utvärdera om det går att öka kolonisation av mykorrhiza svampar med hjälp av det kommersiella inokulumet.

Observera att skillnaden i ålder hos uppdrivna plantor och transplanterade plantor varierar. Här kan vi inte veta säkert hur gamla de transplanterade, perenna plantorna är medan vi har en specifik tidsram för de uppdrivna. Metoden utformas efter tidigare känd metod för att färga in rötter och svamp (Vierheilig et al., 1998). Innan infärgning av proverna till försöket testades metoden på vilda rötter av *S. dulcamara* för att kunna anpassa receptet.



Rötterna togs ut ur sina provrör och sköljdes försiktigt rena under rinnande vatten. Rena rötter placerades i ett provrör av glas. 10% KOH hälldes på så provet täckes (Fig. 6A). Proverna sattes ned i ett vattenbad på 80 °C (Fig. 6B). Tiden för kokningen varierade beroende på hur tjocka rötterna var, där äldre, tjockare rötter kokades ca 50 minuter medan yngre, tunnare rötter kokades ca 40 minuter. Genom att koka rötter i KOH renas de från ligniner och blir svagt genomskinliga medan svampstrukturerna i och runt rötterna som innehåller kitin fortfarande finns kvar (Fig. 6C). Genom att göra detta kan vi sedan färga in rötterna med en bläcklösning (se recept nedan) och se vilka strukturer av svamp vi hittar. Efter reningen med 10% KOH sköljdes proverna i rinnande vatten och placerades återigen i provrören av glas. Bläcklösningen fylldes på i provrören med renade rötter och sattes tillbaka i vattenbadet för att koka i ytterligare fem minuter. Efter denna kokning sköljdes rötterna en sista gång i rinnande vatten (Fig. 6D). Sedan lades rötterna i en 5% ättikslösning för avfärgning över natten (Fig. 6E). Detta steg gör att bläcklösningen i rotcellerna lossnar något och vi får tydligare kontrast mot svampcellerna. Efter ungefär 24h hälldes ättikslösningen ut och ersattes med vatten. Proven förvarades i rumstemperatur tills mikroskopering skedde (Vierheilig et al., 1998).



**Recept för spädning till 100 ml lösning:**

**10% KOH:** 10 g Kaliumhydroxid till 100ml destillerat vatten.

**5% ättikslösning:** 20,785 ml 24% ätticka till 79,215 ml vatten.

**Infärgning:** 20,785 ml 24% ätticka + 5 ml bläck av märket Cross (Fig. 6F) till 74,215 ml vatten.

Figur 6.. Bildserie av infärgningen av rötter. A) Rotprov innan första kokningen. B) Rotprov i vattenbadet efter första kokningen. C) Rotprov efter första kokningen och avsköljningen. D) Rotprov efter infärgningen med bläcklösningen. E) Rotprov efter 24h avfärgning i 5% vinägerlösningen. F) Bläcket som används för att göra bläcklösningen till infärgningen.

## 2.5. Mikroskopering av rotprov.

När rotproven var infärgade kunde de undersökas under ljusmikroskop för att leta efter AMF strukturer. För varje planta i odlingsförsöken färgades ett provrör med rötter in. Rötterna hälldes ut i en petriskål, och vatten hälldes på med en pipett så att rötterna flöt runt i skålen (Fig. 7). Genom att göra detta var det lättare att klippa rötterna i mindre bitar. Av varje infärgat rotprov klipptes 10 bitar i 1,5-2 cm och placerades på ett objektglas. 1,5 cm av varje rotprov analyserades därefter under ljusmikroskop. Mikroskopering utfördes likadant på alla rotprov. Rotprovet placerades under ljusmikroskop och inspekterades med 100x förstoring från ena sidan till den andra. Utifall hyfer, sporer, arbuskler, vesiklar eller andra strukturer hittades skrevs detta ner i ett dokument.



Figur 7. Infärgade rötter från en planta.

Om hyfer hittades i ett prov gjordes en procentuell överblick över hur mycket av provet som vart koloniserat, där 0% är inget och 100% är hela rotprovet. Hyfer som hittades utanför rotcellerna och hyfer som hittades inuti rotcellerna skiljdes åt i olika grupper och kvantifierades vart för sig.

## 2.6. Statiska analyser

För att kunna sammanställa resultat skrivs samtliga mått och observationer in i Excel. Uträkningar och figurer görs med hjälp av Excel och Spss.

### 2.6.1. Statistiska analyser för plantor från odlingskammaren.

För att se ifall det är någon statistisk skillnad mellan de sju populationerna gjordes en ANOVA tabell och ett posthoc Tukey-test för skillnad i längd av plantorna, längd på rötterna och antal blad. Genom att göra detta kunde populationerna delas in i grupper beroende på om de var signifikant ( $P < 0.05$ ) lika varandra eller inte.

### 2.6.2. Statistiska analyser för plantorna från frilandsförsöket

För att kunna se ifall det är någon skillnad mellan de inokulerade plantorna och kontrollplantorna från frilandsförsöket gjordes T-test mellan grupperna. Det gjordes ett T-test för längden på plantorna och ett för längden på rötterna.

För att se ifall det är någon statistisk skillnad mellan de två grupperna som blivit behandlade med ett inokulum eller inte gjordes ett parat T-test för längd av plantorna, längd av rötterna samt antal blad. Detta gjordes för att kunna jämföra effekten av behandlingen även om plantorna kom från olika populationer.

## 3. Resultat

Efter att plantorna hade mätts, klippts ned och rötter hade mikroskopats sammanställdes resultat. Resultaten jämför plantor från de sju olika populationerna samt de två inokuleringsbehandlingarna mellan varandra. Från friland jämfördes enbart behandlingarna då samtliga plantor kom ifrån samma lokal (trädgårdslabbet i Alnarp).

### 3.1. Groning och tillväxt av plantor

#### 3.1.1. Groning av frön i odlingskammaren

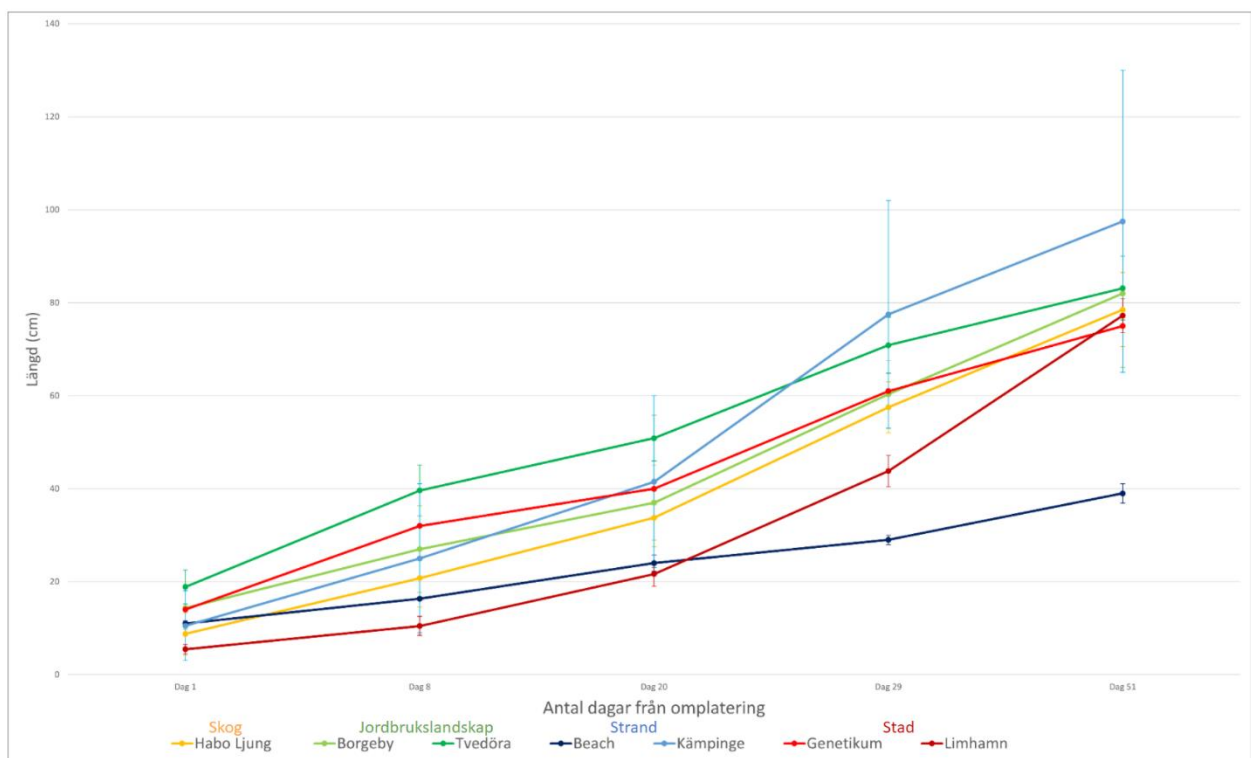
Över lag hade vi en relativt låg framgång med groning av frön från de vilda populationerna av *S. dulcamara* då endast 47 plantor grodde från 2400 frön (1,96% groning). Utav de 400 frön som planterats från vardera population såg vi även en variation i hur många frön som hade grott (0,25-7%) (Tabell 2). Då populationerna även delats in i fyra grupper baserat på habitat kan vi även utläsa att gruppen ”stad” innehåller både populationen med bäst groning på 7%, Limhamnsvägen, och populationen med sämst groning på 0,25%, Genetikum (Tabell 2). Eftersom Genetikum enbart innehåller ett replikat har denna lokal uteslutits från diverse statistiska tester mellan grupperna.

Tabell 2 Groningsdata från odlingskammaren, baserat på vilken lokal och vilket habitat moderplantan till fröna kom ifrån. Presenteras i både heltal och %.

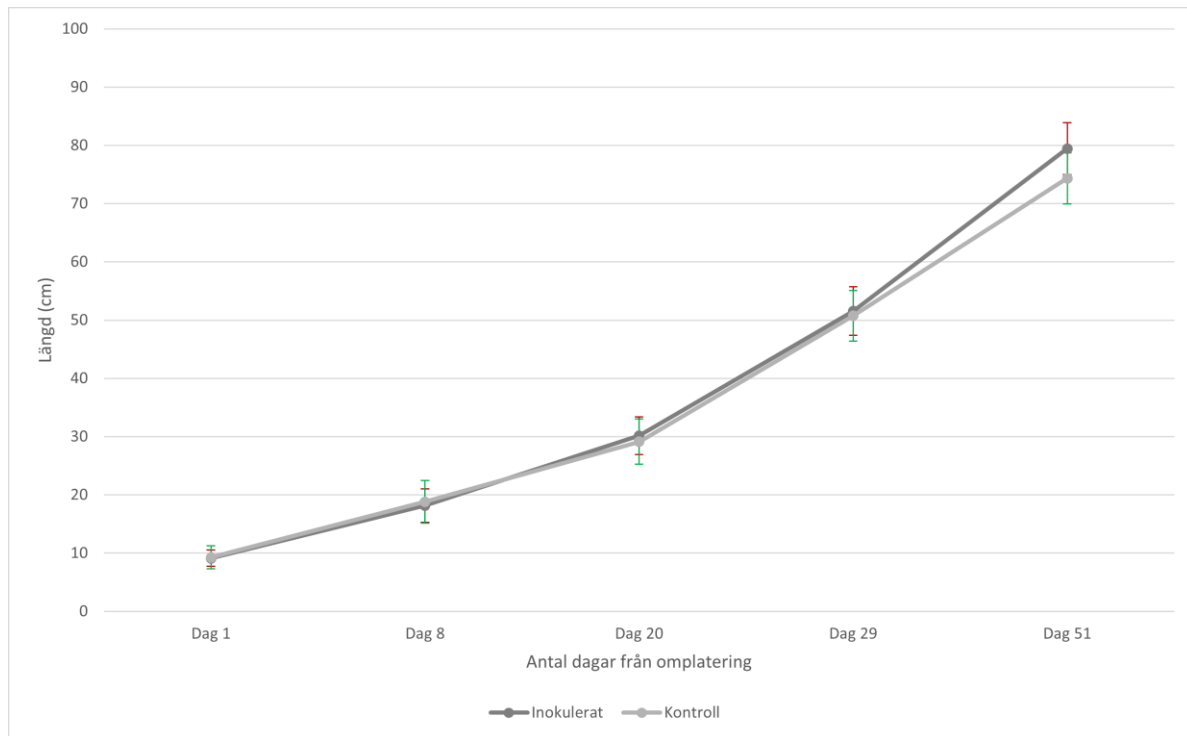
Population	Habitat	Antal frön planterade	Antal frön som grott	% Groning
Habo ljung	Skog	400	4 st	1%
Borgeby	Jordbrukslandskap	400	3 st	0,75%
Tvedöra	Jordbrukslandskap	400	6 st	1,5%
Lomma Beach	Strand	400	3 st	0,75%
Kämpinge	Strand	400	2 st	0,5%
Genetikum	Stad	400	1 st	0,25%
Limhamnsvägen	Stad	400	28 st	7%

### 3.1.2. Tillväxt i odlingskammaren

Efter uppkomst av fröna planterades plantorna över till varsin kruka. Mått på hur stora plantorna var vid omplantering togs, dessa mått visas under "dag 1" (Fig. 8 & 9). Därefter mättes plantorna fyra gånger under experimentets gång (dag 8, 20, 29 och 51). Medelvärden för plantorna från de olika populationerna visade en viss variation i tillväxthastighet (Fig. 8). Vid omplantering tillsattes även ett inokulum vid dag 1 till hälften av plantorna. Tillväxt baserat på behandling visar inte på någon skillnad i tillväxthastighet (Fig. 8). Resultat från dag 51, skördedagen, presenteras under nästa rubrik.



Figur 8. Linjediagram som visar tillväxten av plantorna i odlingskammaren, från omplanteringen till skörden, baserat på vilken lokal fröna ursprungligen kom ifrån. Tillväxten presenteras i medeltal med standardavvikelse. Lokaler med samma färg är klassade ihop baserat på ståorterna där moderplantorna växte.



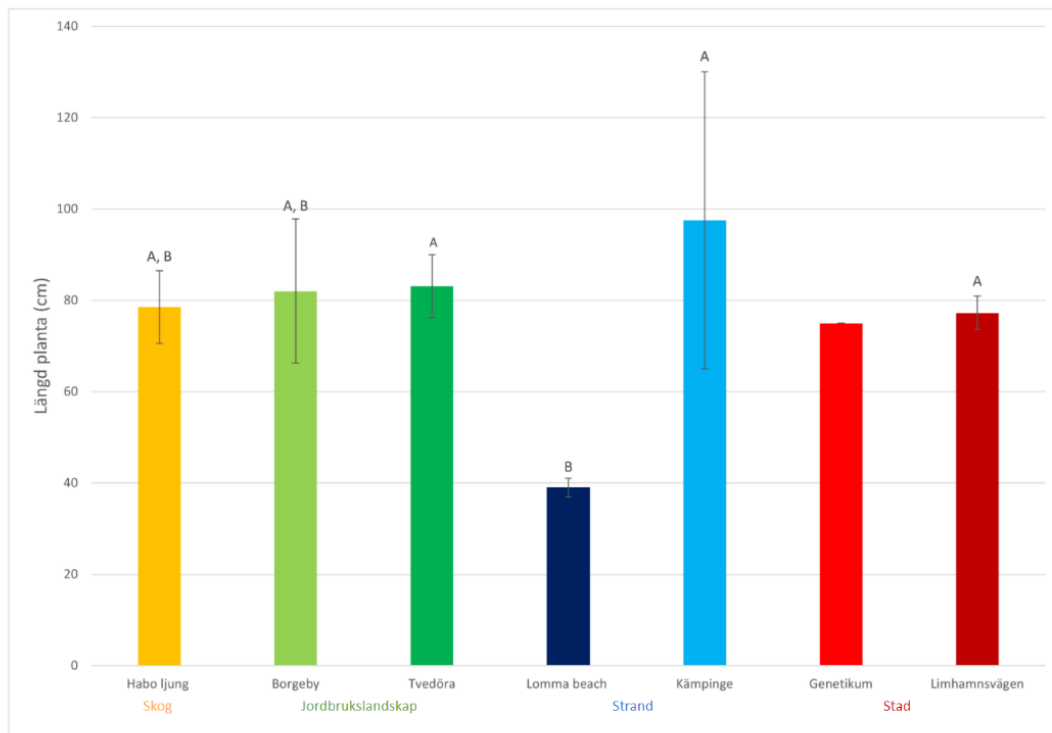
Figur 9. Linjediagram som visar tillväxten av plantorna i odlingskammaren, från omplantering till skörd, baserat på vilken behandling plantorna fick (Inokulerad eller Kontroll). Tillväxten presenteras i medeltal med standardavvikelse. Gröna felstaplar tillhör kontrollgruppen och röda felstaplar tillhör gruppen med inokulum.

## 3.2. Avslutande mätningar

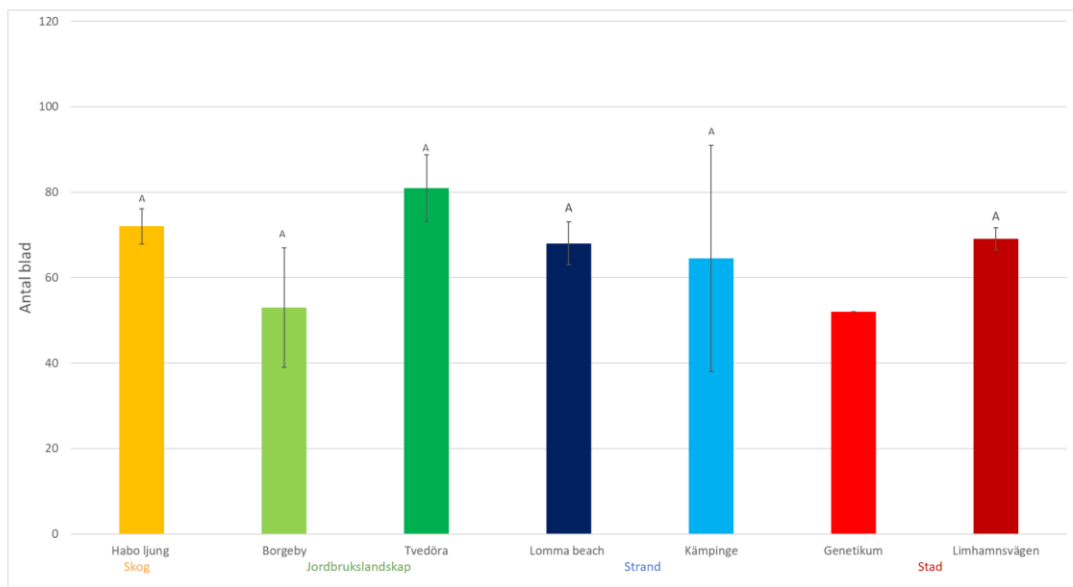
### 3.2.1. Resultat från odlingskammaren baserat på lokal

Resultat från slutmätningar av plantornas längd vid skörd (dag 51 efter omplantering) visade att frön från Kämpinge, som är en strandpopulation, hade vuxit till de genomsnitt längsta plantorna i experimentet. Standardavvikelsen var även störst för denna population vilket visar på en stor spridning av längd inom gruppen, därav ingen signifikant skillnad i längd mot de flesta andra populationerna (Fig. 10). Vi kan även se att plantor från Lomma beach, som även den är en strandpopulation, var de kortaste plantorna där plantor från Tvedöra, Kämpinge och Limhamnsvägen alla var signifikant längre (Fig.10). Jämför vi däremot antal blad på plantorna (Fig. 11) kan vi se att samtliga lokaler, är statistiskt lika varandra. Detta påvisar att lokal Lomma beach trots sin korta längd producerar ungefär lika många blad som plantor från andra populationer, alltså blir de mer kompakta plantor än övriga grupper. Om vi jämför längd på rötter kan vi se att plantor från

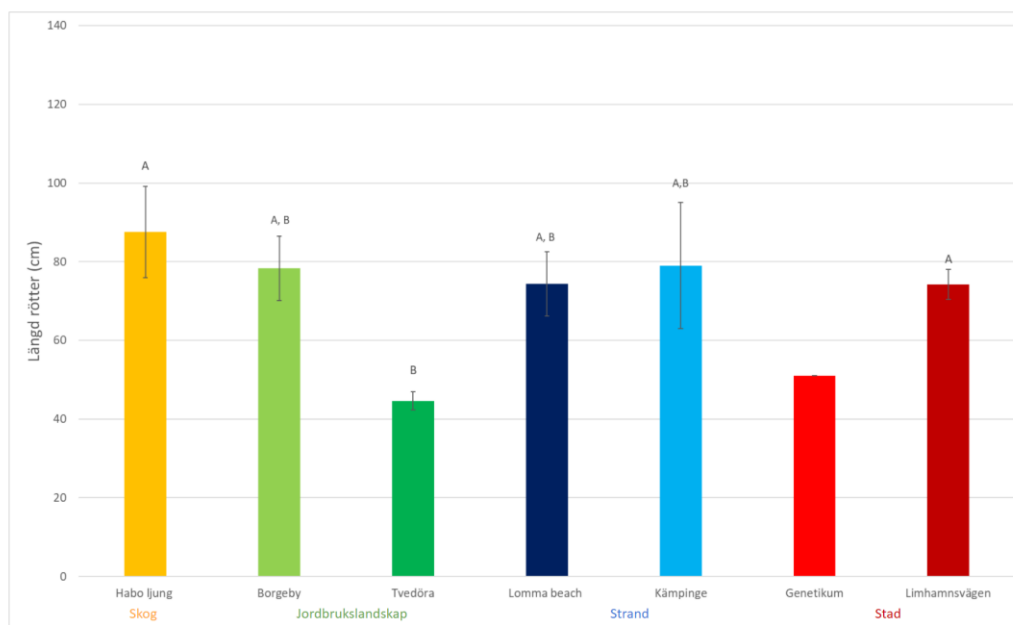
Habo ljung populationen som är klassad i en egen grupp, skog, har de längsta rötterna, men endast signifikant längre än plantor från Tvedöra, (jordbrukslandskap) som är den population som gett plantor med kortast rötter (Fig. 12).



Figur 10. Avslutande mätningar av plantlängd från odlingskammaren, plantor är grupperade baserat på lokal och värden anges i medeltal med standardavvikelse. Lokaler är klassade i två grupper, antingen A eller B baserat på resultat från ANOVA och posthoc Tukey-test. Lokaler med klassning A är statistiskt lika varandra. Lokaler med klassning B är statistiskt lika varandra. Grupperna A och B skiljer sig från varandra statistiskt med ett p-värde lägre än 0,05. Lokalerna klassas även i grupper baserat på vilket habitat moderplantan som fröna togs ifrån har vuxit.



Figur 11. Avslutande mätningar från odlingskammaren av antal blad på plantorna, baserat på lokal. Presenteras i medeltal. Samtliga lokaler tillhör samma grupp (A) enligt resultat av ANOVA och posthoc Tukey-test. Detta visar att alla lokaler är statistiskt lika varandra. Lokaler med samma färg är klassade ihop baserat på ståndorten där moderplantorna växte.



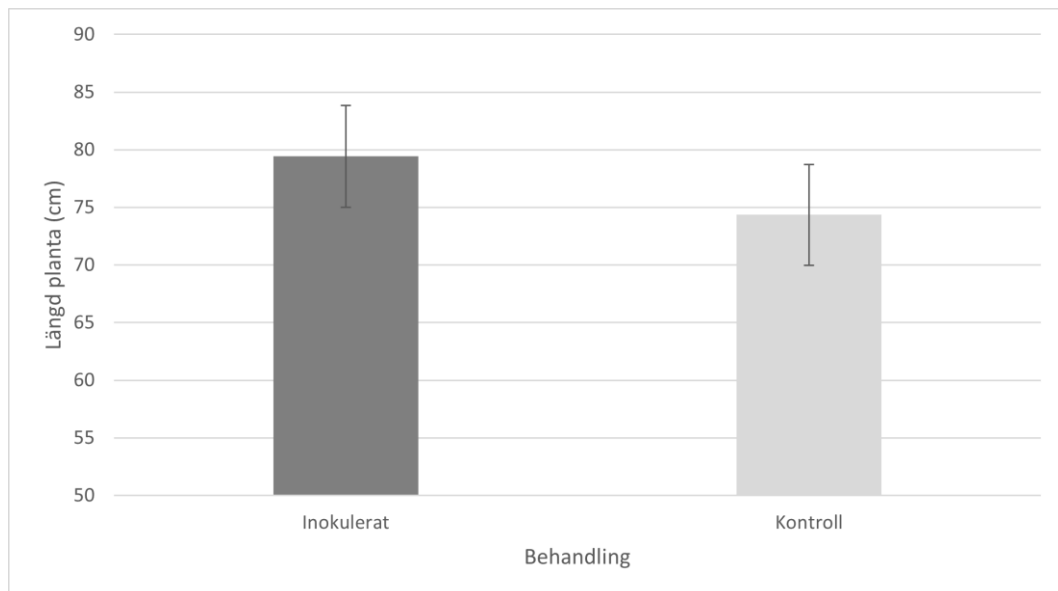
Figur 12. Avslutande mätningar från odlingskammaren av rotlängd hos plantorna, baserat på lokal, presenterat i medeltal med standardavvikelse. Lokaler är klassade i två grupper, antingen A eller B enligt resultat från ANOVA och posthoc Tukey-test. Lokaler klassade som A är statistisk lika varandra. Lokaler klassade B är statistiskt lika varandra. Grupperna A och B skiljer sig från



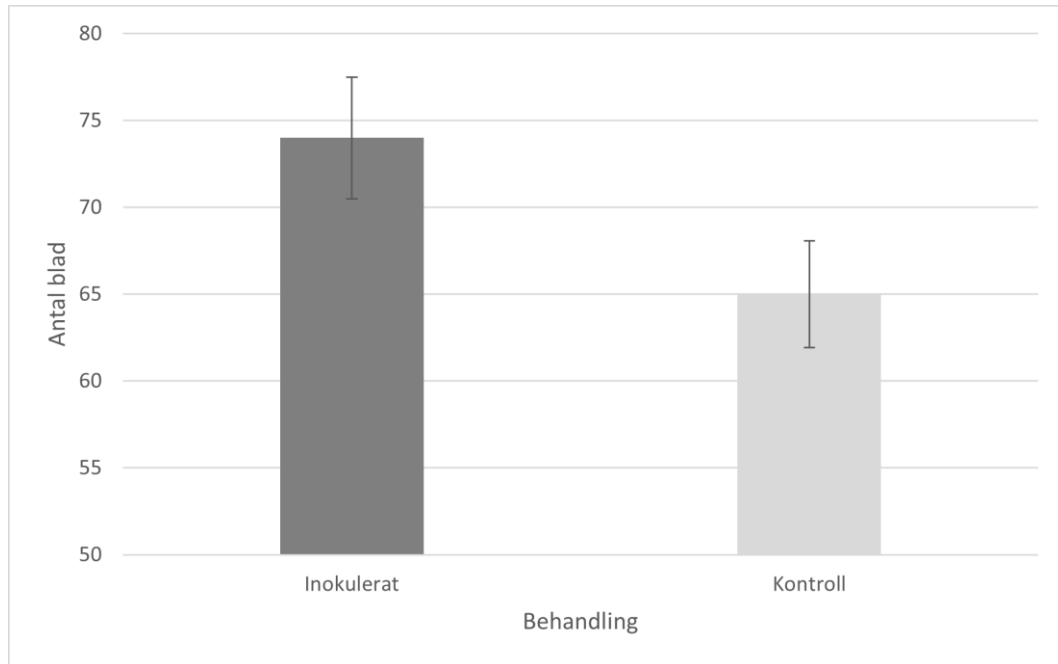
varandra statistiskt med ett p-värde lägre än 0,05. Lokaler med samma färg är klassade ihop baserat på ståndorten där moderplantorna växte.

### 3.2.2. Resultat från odlingskammaren baserat på behandling

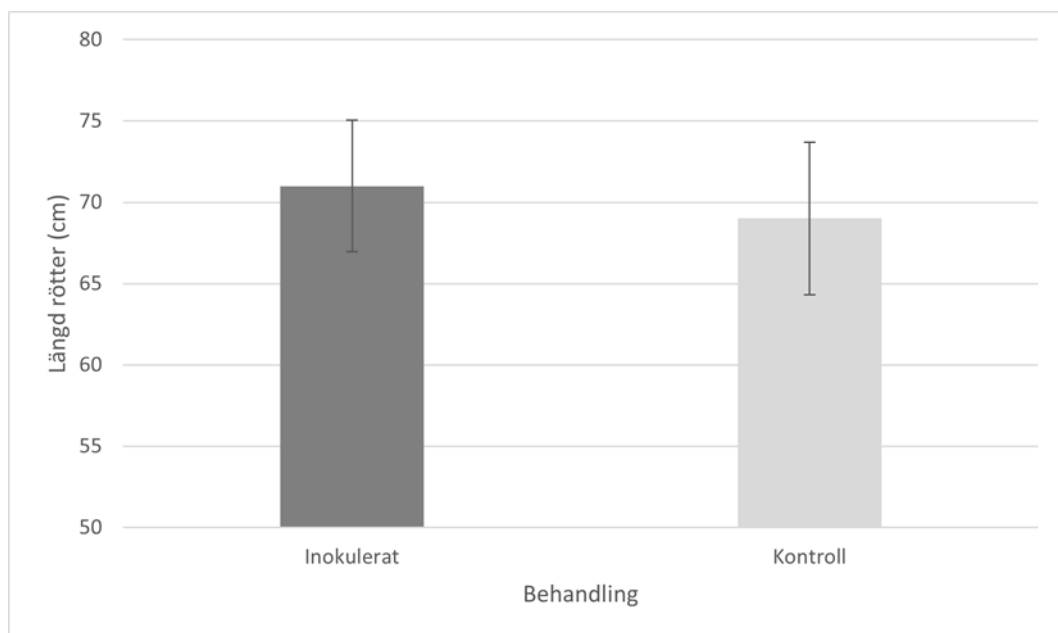
Avslutande mätningar för plantor skördade 51 dagar efter omplantering baserat på om de blivit inokulerade eller inte. Enligt parat T-test visar de två grupperna inte på någon statistisk skillnad i längd av planta med ett p-värde på 0,15 (Fig. 13). Jämför vi däremot antal blad kan vi se en liten statistisk skillnad, enligt parat T-test, med ett p-värde på 0,04 där plantor som blivit inokulerade har fler blad (Fig. 14). Längden av rötter visar inte heller på någon statistisk skillnad där p-värdet är 0,36 (Fig 14).



Figur 13. Avslutande mätningar av plantlängd i odlingskammaren, baserat på behandling. Plantornas längd presenteras i medeltal med standardavvikelse. Parat t-test ger frihetsgrad (df) på 5. Det tvåsidiga t-kritiska värdet är 2,57, t-kvoten är 1,70 och ett tvåsidigt p-värde på 0,15 vilket antyder att det inte är någon statistisk skillnad mellan behandlingar.



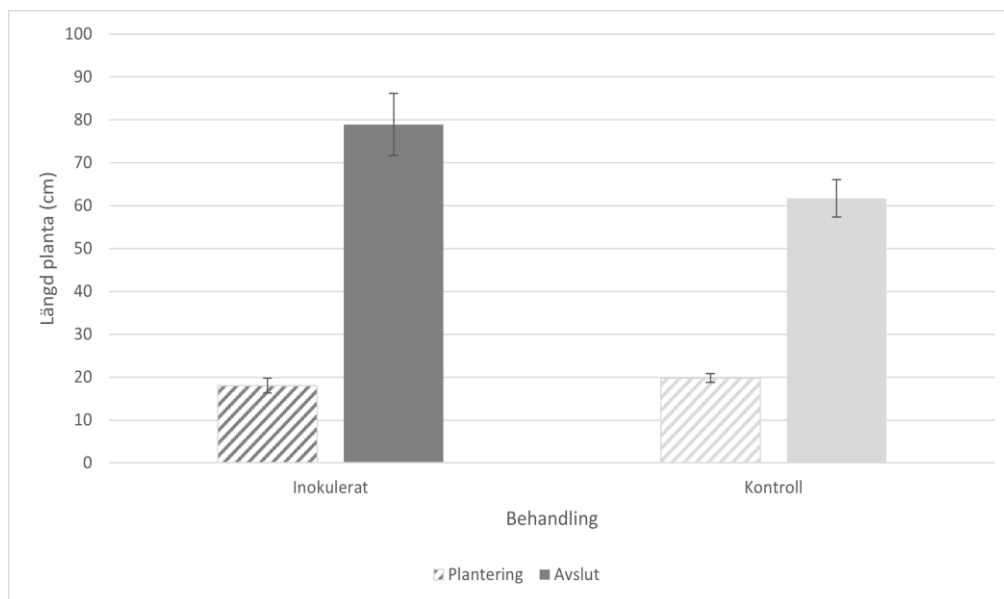
Figur 14. Avslutande mätningar av antal blad på plantorna i odlingskammaren. Antal blad per planta presenteras i medeltal baserat på behandling. Parat t-test ger frihetsgrad (df) 5. Det tvåsidiga t-kritiska värdet är 2,57, t-kvoten är 2,79 och ett tvåsidigt p-värde på 0,04 vilket antyder att det finns en statistisk skillnad mellan behandlingar.



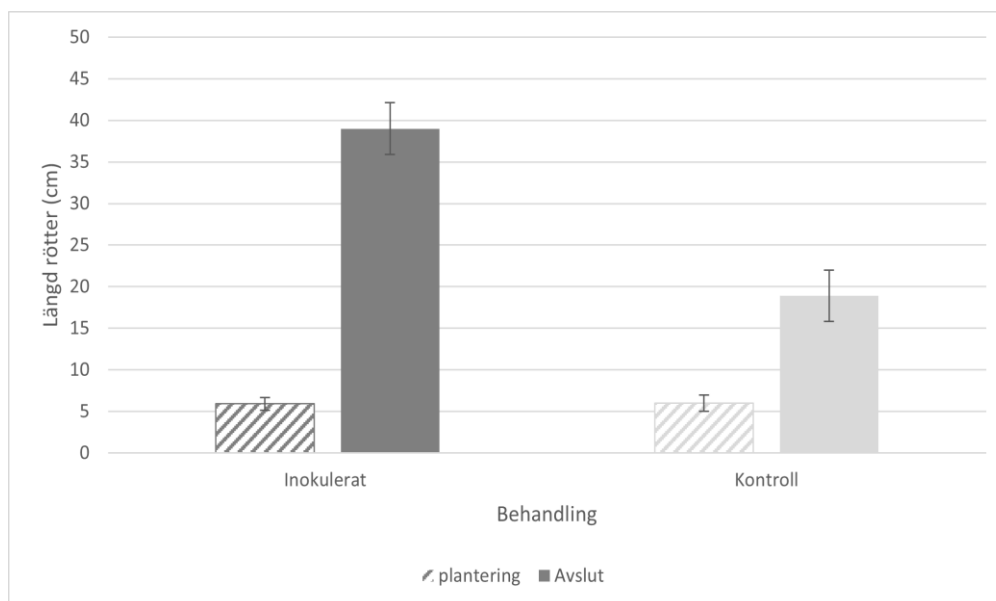
Figur 15. Avslutande mätningar av rotlängd hos plantorna i odlingskammaren, baserat på behandling. Presenteras i medeltal. Parat t-test ger frihetsgrad (df) 5. Det tvåsidiga t-kritiska värdet är 2,57, t-kvoten är 0,99 och ett tvåsidigt p-värde på 0,36 vilket antyder att det inte är någon statistisk skillnad mellan behandlingar.

### 3.2.3. Resultat från frilandsförsöket baserat på behandling.

Avslutade mätningar av medellängden på plantor och medellängden på rötter baserat på om plantorna fått inokulum eller inte. Plantlängden hos de två grupperna vid planteringen är statistiskt lika (Fig. 16), detsamma gäller rotlängden vid plantering (Fig. 17). Vid avslut är längden av plantorna fortfarande statistiskt lika, enligt T-test med ett p-värde på 0,06 (Fig. 16). Däremot skiljer sig längden av rötterna vid avslut, enligt t-test, och ger ett p-värde på 0,0002. Där plantor som blivit inokulerade har längre rötter än de utan inokulum.



Figur 16. Mätningar av plantlängd från frilandsförsöket. Plantlängd presenteras i medeltal baserat på behandling. Staplar med ränder visa plantlängden vid plantering, ifyllda staplar visar plantlängden vid skörd. T-test vid planteringen ger en frihetsgrad på (df) 20, det tvåsidiga t-kritiska värdet är 2,09, t-kvoten är -0,90 och ett tvåsidigt p-värde på 0,38. Vid avslut ger t-testet istället ett tvåsidigt p-värde på 0,06. Dessa resultat visar att det finns en antydning till skillnader, men inga bevis för en statistisk skillnad i plantlängd mellan behandlingar.



Figur 17. Mätningar av rotlängd hos plantorna från frilandsförsöket, baserat på behandling. Presenteras i medeltal. Staplar med mönster visar rotlängden vid plantering, ifyllda staplar visar rotlängden vid skörd. T-test vid planteringen ger en frihetsgrad på (df) 20, det tvåsidiga t-kritiska värdet är 2,09, t-kvoten är -0,15 och ett tvåsidigt t-värde på 0,88. Vid avslut ger t-testet en frihetsgrad (df) på 20, det tvåsidiga t-kritiska värdet är 2,09, t-kvoten är 4,58 och ett tvåsidigt t-värde på 0,0002, vilket antyder att det finns en tydlig statistisk skillnad i rotlängd mellan behandlingar vid skörd.

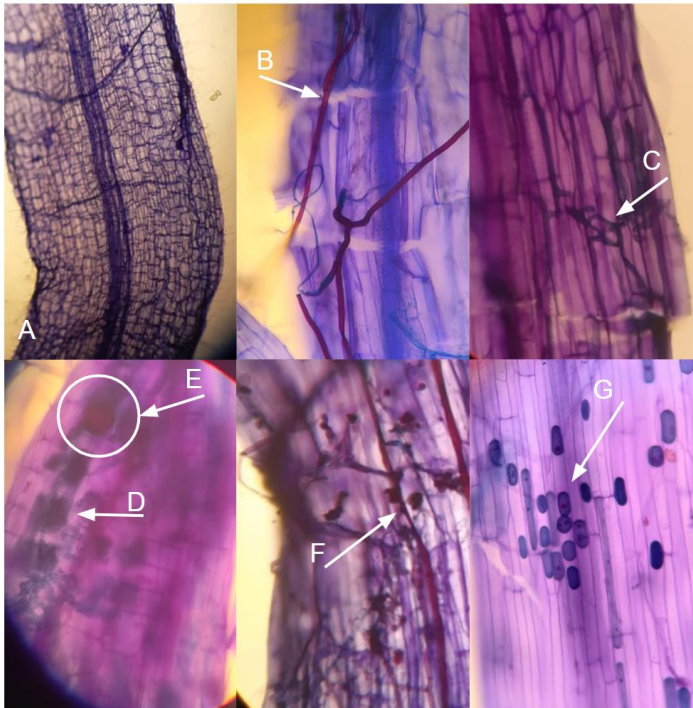
Blomningsdata från plantorna från frilandsförsöket visar att det vid start inte fanns några planter i blom. Vi skörd blommade samtliga 11 planter som fått inokulum och 9 av 11 planter i gruppen som inte fått inokulum (kontroll).

Tabell 3. Blomningsdata av plantorna. Visar hur många av plantorna som blommade vid transplantation samt hur många som blommade vid avslut av försöket.

Behandling	Antal planter	Antal planter i blom vid plantering	Antal planter i blom efter försöket
Kontroll	11	0	9
Inokulerat	11	0	11

### 3.3. Mikroskopering.

Infärgade rotbitar undersöktes under mikroskop och närvaro av svampstrukturer i och på rötterna utvärderades för att kunna påvisa om det skett någon symbios med i huvudsak AM-svampar. De strukturer som hittades och särskildes i rotproven var följande: Hyfer utanpå roten (Fig. 18B), hyfer i roten (Fig. 18C), arbuskler (Fig. 18D), vesiklar (Fig. 18E), sporer (Fig. 18E). Det påträffades även strukturer av dark septate endophytes (DSE) (Fig 18F) i proverna, vilket också noterades.



Figur 18. Rotprov under mikroskop med förstoring 100x & 400x av svampstrukturer som hittats och klassats i försöket. A) Ett tomt rotprov, här syns enbart rotens celler och ledningsvävnaden i mitten. B) Ett rotprov med hyfer på utsidan av roten. Hyferna syns som röda på bilden. C) Hyfer inne i rotcellerna på ett rotprov. Hyferna syns som blåa på bilden. D) Arbuskler i ett rotprov. Arbusklerna syns som blåa nystan i cellerna. E) En vesikel i ett rotprov, vesikeln syns som en lila, cirkelformad struktur. F) Sporer i ett rotprov. Sporerna syns som mindre, mörkare prickar på bilden. G) Strukturer av dark septate endophytes (DSE). Strukturer är blåa och avlånga.

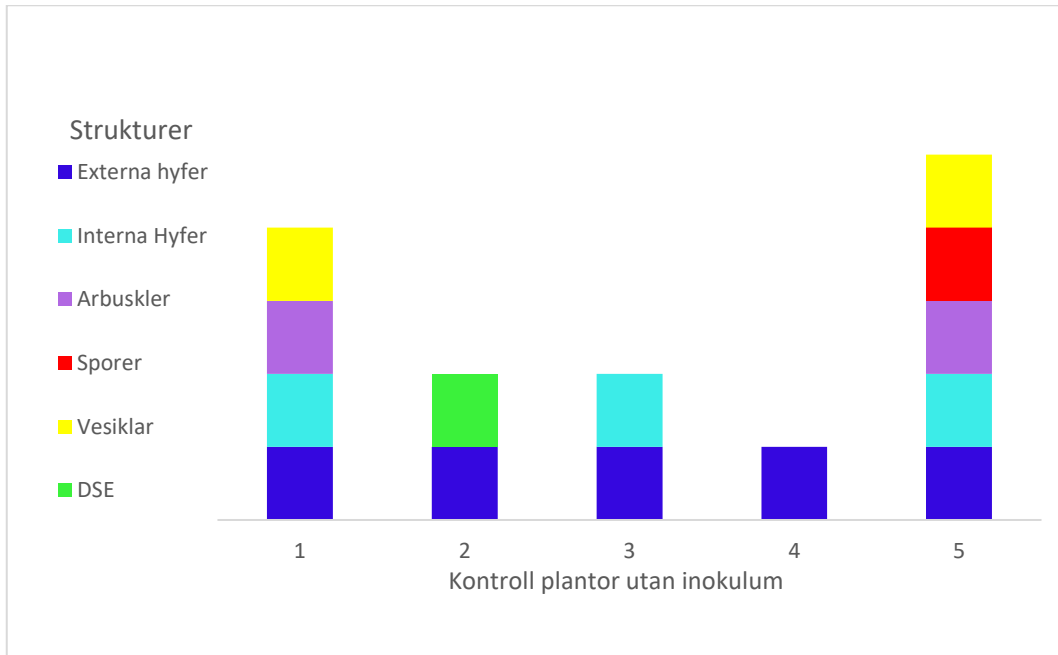
Resultat från mikroskoperingen av plantrötterna från odlingskammaren visar att det enbart hittades svampstrukturer av DSE. I kontrollplantorna hittades inga svampstrukturer alls. I gruppen som hade fått inokulum hade 9 av 26 plantor strukturer av DSE i rötterna (Tabell 4).

Tabell 4. Tabell som visar resultat från mikroskoperingen av plantor odlade i odlingskammaren. Antal plantor för varje grupp som mikroskopades och vilka strukturer som hittades i plantorna. De enda strukturer som hittades var av DSE.

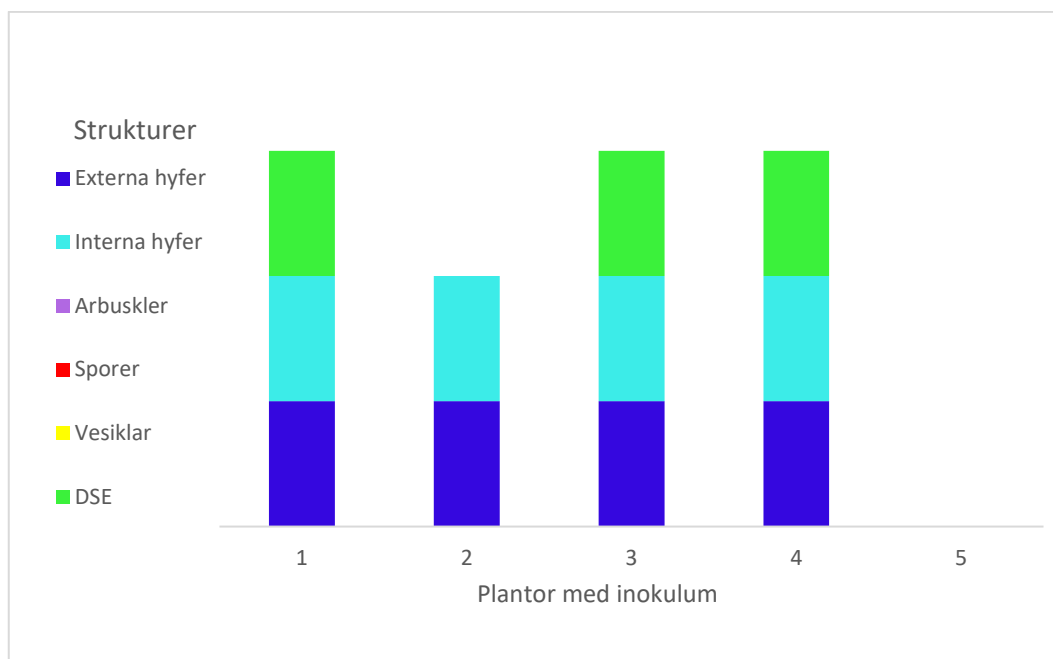
Odlingskammaren: Antal plantor med						
Behandling	Antal plantor	Hyfer	Arbuskler	Sporer	Vesiklar	DSE
Kontroll	23	0	0	0	0	0
Inokulerat	26	0	0	0	0	9

Resultat från mikroskoperingen av rötterna från frilandsförsöket skiljde sig från vad vi sett i försöket i odlingskammaren. För rötter som inte blivit behandlade med inokulum hittades det hyfer ute på roten i alla fem prov, tre av de fem proven hade

även hyfer inne i rotcellerna. (Fig.19). Vi hittade även sporer, arbuskler och vesiklar i några av proven samt ett prov med DSE (Fig. 19). Hos rötter från plantor som blivit behandlade med inokulum kan vi däremot se att ett prov helt saknade någon sorts svampstrukturer. Vi kan också se att denna grupp helt saknade arbuskler, sporer och vesiklar i rötterna (Fig. 20). Däremot kan vi se att tre av fem plantor hade DSE i rötterna, alltså två fler prov än de som inte hade blivit behandlade (Fig. 19 & 20).



*Figur 19. Resultat av mikroskoperingen från frilandsförsöket. Figuren illustrerar de fem plantor som mikroskoperades från gruppen som inte blev behandlade med ett inokulum. Varje svampstruktur illustreras av en färg. Figur visar ej på mängd utan enbart om svampstrukturen påträffades i rötterna hos plantan eller ej.*



Figur 20. Resultat av mikroskoperingen från frilandsförsöket. Figuren illustrerar de fem plantor som mikroskoperades från gruppen som behandlats med ett inokulum. Varje svampstruktur illustreras av en färg. Figur visar ej på mängd utan enbart om svampstrukturen påträffades i rötterna eller ej.

Resultat av mängd hyfer i rotproven visar inte på någon tydlig skillnad mellan grupperna. Överlag har rötter som blivit koloniserade en relativt liten mängd hyfer i och på roten, där mängden varierar mellan 2%-10% per rotprov. Vi kan dock avläsa att mängden hyfer som hittats i rotproven är något mer i plantor utan inokulum än de som blivit inokulerade (Tabell 5).

Tabell 5. Översikt av det antal rotprov som blev koloniserade av hyfer, och en genomsnittlig uppskattning av hur mycket av rotproven som blev koloniserade, i %, både på utsidan av roten och inuti roten (där 0% är inget och 100% är hela rotprovet).

	Antal rotprov	Antal rotprov med extern kolonisering av hyfer	Antal rotprov med intern kolonisering av hyfer	Genomsnittlig kolonisation av rotprov med extern kolonisering av hyfer (%)	Genomsnittlig kolonisation av rotprov med intern kolonisering av hyfer (%)
<b>Inokulerade</b>	50	16	9	8,40%	2,50%
<b>Kontroll</b>	50	15	9	10,40%	7,90%

## 4. Diskussion

### 4.1. Hur skiljer sig besksötaplantor åt fenotypiskt baserat på deras populationsursprung?

I denna studie ville vi undersöka om besksötaplantor uppodlade från frön som samlats in från olika vilda populationer skilde sig åt fenotypiskt baserat på vilken ursprungsmiljö moderplantan vuxit i. Vår data visar att det fenotypiska uttrycket kan variera signifikant mellan plantor med ursprung från olika lokaler (Fig. 10, 11 & 12), men det är inte alla populationer som skiljer sig åt. Vi kan se att grobarheten hos de olika lokalerna varierar mellan varandra (Tabell 2). Samtliga frön har mycket låg grobarhet. Men detta är inget ovanligt för just Besksöta. En studie gjord på grobarhet hos Besksöta visar att det varierar mycket mellan populationer, resultaten i försöket påvisar även att grobarheten är allmänt låg för frön som sås under normala förhållande (D. M. Pegtel, 1985). För att få en bättre grobarhet kan det krävas varierande temperatur i cyklar, teorin bakom att detta funkar är att det efterliknar naturens temperaturförändringar, där fröet ligger i vila tills temperaturen indikerar till fröet att det är gynnsamt att gro. Det går även att skölja fröna i gibberlinsyra, vilket är ett tillväxthormon som finns naturligt i växter. (D. M. Pegtel, 1985). Eftersom groningen var mycket låg ledde det till att antalet replikat för de olika lokalerna varierade mycket, och detta påverkar hur vi tolkar resultaten. Vi kan därför inte med säkerhet säga att resultaten helt stämmer med verkligheten, men vi kan fortfarande spekulera kring hur det fenotypiska uttrycket varierar mellan lokalerna.

Plantor som drivits upp från frön, som kommer ifrån moderplantor som vuxit i olika habitat, gav något varierande fenotypiska uttryck hos de uppdrivna plantorna, även när de drevs upp under samma förutsättningar (Fig. 10, 11 & 12). Detta ger oss en indikation av att frön bär med sig genetiska uttryck beroende på var moderplantan har vuxit. Speciellt Lomma beach avviker ifrån resterande lokaler när det gäller plantlängd (Fig. 10). Det är tydligt att plantor med ursprung från Lomma beach är låga och kompakta men med samma mängd blad som resterande lokaler (Fig. 11). En anledning till detta kan vara den tuffa strandmiljön, där mycket vind



under en lång tidsperiod har drivit plantornas gener till att producera plantor som blir mer kompakta för att minimera riken för att de ska gå sönder. På en strand finns det även mindre skugga och plantorna står ofta i direkt solljus vilket gör att de inte behöver sträcka sig och leta efter ljus, på en mer skuggig plats krävs det att plantorna blir längre för att kunna hitta till solen.

För rotlängd kan vi se att plantor med ursprung från Tvedöra fick signifikant kortare rötter än övriga plantor (Fig. 12). Tvedöralokalen är ett kärr i betesmark som kan råka ut för översvämningar, där rötter då inte behöver leta sig efter vatten lika mycket vilket kan leda till kortare rotlängd.

#### 4.2. Kan man främja rotkolonisation och vigör i besöksöta genom att tillsätta ett kommersiellt inokulum med sporer från arbuskulära mykorrhiza svampar?

Våra resultat visar att det inte var någon skillnad i längdtillväxt mellan plantor som blivit uppodlade i odlingskammare och inokulerade med AM-svampar och de som inte blivit inokulerade, varken hos rötter eller ovanjordiska delar (Fig. 13 & 15) Det fanns dock en liten skillnad mellan grupperna i antal blad som plantorna producerade (Fig. 14), men då resultatet från mikroskoperingen visar att det inte fanns några strukturer av AM-svampar (sporer, arbuskler, vesiklar eller hyfer saknas i samtliga prov (Tabell 4)) kan vi inte bekräfta att det har blivit någon kolonisation av AM svampar i någon av grupperna. På grund av detta kan vi inte heller bekräfta att det går att främja rotkolonisation i besöksöta genom att tillsätta ett kommersiellt inokulum med sporer från arbuskulära mykorrhiza svampar i odlingskammare.

En förklaring till avsaknaden av AM-svampar i försöket i odlingskammaren kan vara att tidpunkten för tillsats av inokulumet har varit fel. Plantorna planterades i ett torvbaserat substrat med ett näringsinnehåll av NPK på 14-7-15 och vid planeringstillfället tillsattes även inokulumet. Om plantorna inte led av någon brist eller stress när inokulumet tillsattes är en teori att de inte haft något behov av en symbios med svamparna. Det mest lönsamma för plantorna har då varit att lägga sina kolresurser på tillväxt i stället för att ge dem till svamparna i utbyte mot näring. I en studie diskuteras det även kring förvaringen av inokulumet, där det sägs att vissa klarar av att stå i många månader medan andra kräver specifika temperaturer för att sporer ska överleva (Püschel et al., 2019). En förklaring till skillnaden av bladmängd mellan grupperna skulle kunna vara att inokulumet innehåller en liten mängd näring som kan ha gynnat tillväxt av blad. För att reda på ifall detta är fallet skulle samma mängd näring behöva tillsättas till kontrollplantorna vid samma tidpunkt som inokulering sker.

I frilandsförsöket visade resultaten att det fanns en signifikant skillnad mellan grupperna, där inokulerade plantor hade högre plantlängd och längre rötter (Fig. 16 & 17). Strukturerna av AM svampar som hittats i rötterna hos kontrollplantor visar att jorden i försöksfältet på friland innehåller svampsporer från AM svampar, och eftersom mikroskoperingen visar att det fanns fler strukturer från AM-svampar i gruppen som inte blivit inokulerad (Tabell 5) kan vi inte med säkerhet säga att det är AM-svamparna som orsakat tillväxtskillnaden. Vi kan därför inte heller bevisa att det går att främja rotkolonisering och besöksötas vigör genom tillsats av ett inokulum med AM-svampar.

Skillnaden i tillväxt mellan grupperna, där de inokulerade plantorna är märkbart större, kan vara en effekt av näringen som finns i inokulumet. En annan förklaring till att det inte hittats strukturer i rötterna hos de inokulerade plantorna kan vara otur vid slumpmässigt val av rotprov. Hade fler rotprov mikroskoperats finns det en möjlighet att mer strukturer av AM-svampar hade hittats.

Ett flertal andra studier av att inokulera plantor med inokulum av AM-svampar har utförts med varierande resultat. I en studie gjord på *Solanum tuberosum*, potatis, tillsattes ett inokulum på friland. Resultat ifrån denna studie visade ingen signifikant skillnad mellan grupperna som fått inokulum eller inte, varken i tillväxten hos plantorna eller mängd kolonisation av rötterna (Loján et al., 2017). En annan studie, som även den utförts på potatis som odlas på friland och blivit behandlad med ett inokulum, visar på en lyckad inokulering. Inokulerade plantor fick en högre skörd och mängden rotkolonisation av svampar ökade jämfört med kontrollplantor (Douds et al., 2007). En tredje studie på potatis visar även den en lyckad inokulering (Buysens et al., 2016). Studier på inokulering av andra växtslag och i andra odlingsystem har också beprövats, men även här är resultaten varierande (Gosling et al., 2006; Koziol & Bever, 2017).

Med tanke på alla faktorer som kan påverka ifall det blir en lyckad inokulering växer misstanken om att något gått fel vid tillförseln av AM svampar till mina plantor eller att själva inokulumet inte var livsdugligt. Detta behöver inte betyda att det är omöjligt att lyckas utifall försöket skulle upprepas.

En intressant upptäckt hos de inokulerade plantorna är förekomsten av DSE. Eftersom DSE enbart hittats i plantor som inokulerats i odlingskammaren och att det fanns mer DSE i rötter hos behandlade plantor i frilandsförsöket så skulle detta kunna vara en biprodukt i inokulumet som inte står med i innehållet. Ifall DSE i detta fall gynnar plantorna, vilket studier visar på att det kan göra (Yakti et al., 2018), skulle även detta kunna vara en förklaring till att plantorna som behandlats med inokulum har fler blad i odlingskammaren eller växte sig större på friland. DSE är en understuderad grupp svampar, och eftersom det är oklart om deras betydelse och påverkan på växter skulle det vara intressant att följa upp om de potentiellt kan vara gynnsamma fripassagerare det kommersiella inokulumet.

## 5. Slutsats

Den fenotypiska skillnaden hos besksötan som planterats från frön ger indikationer på att frön bär med sig gener som påverkar plantans utseende även ifall den drivs upp under andra förhållanden än där moderplantan vuxit. För att kunna säga med säkerhet att detta stämmer bör fler studier utföras innehållande fler replikat från vardera habitat.

Att använda sig av inokulum innehållande AM svampar till sin odling är i teorin en mycket bra lösning för att få motståndskraftiga och starka plantor. Men för att få en lyckad inokulering krävs mycket kunskap och eftertanke. Tidpunkt, val av rätt svampart, markens förhållande och näringshåll är några saker som är viktiga att ta hänsyn till innan man tillsätter ett inokulum. Fler studier och försök bör utföras för att ge oss mer underlag och kunskap så att vi kan lära oss utnyttja AM-svamparnas fantastiska egenskaper.

## 6. Referenser

- Akiyama, K., Matsuzaki, K. I., & Hayashi, H. (2005). Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature*, *435*(7043), 824–827. <https://doi.org/10.1038/nature03608>
- Andrade-Linares, D. R., Grosch, R., Restrepo, S., Krumbein, A., & Franken, P. (2011). Effects of dark septate endophytes on tomato plant performance. *Mycorrhiza*, *21*(5), 413–422. <https://doi.org/10.1007/s00572-010-0351-1>
- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M. J., & Bakker, P. A. H. M. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science*, *17*(8), 478–486. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.04.001>
- Buysens, C., César, V., Ferrais, F., Dupré de Boulois, H., & Declerck, S. (2016). Inoculation of *Medicago sativa* cover crop with *Rhizophagus irregularis* and *Trichoderma harzianum* increases the yield of subsequently-grown potato under low nutrient conditions. *Applied Soil Ecology*, *105*, 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.04.011>
- Carbonnel, S., & Gutjahr, C. (2014). Control of arbuscular mycorrhiza development by nutrient signals. *Frontiers in Plant Science*, *5*(SEP), 1–5. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00462>
- Cornell, C., Kokkoris, V., Richards, A., Horst, C., Rosa, D., Bennett, J. A., & Hart, M. M. (2021). Do Bioinoculants Affect Resident Microbial Communities? A Meta-Analysis. *Frontiers in Agronomy*, *3*(November), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.753474>
- D. M. Pegtel. (1985). *Germination in Populations of Solanum dulcamara L. from Contrasting Habitats* Author (s): D. M. Pegtel Source : *The New Phytologist*, Vol. 100, No. 4 ( Aug., 1985 ), pp. 671-679 Published by : Wiley on behalf of the New Phytologist Trust Stable U. 100(4), 671–679.
- D’Agostino, N., Golas, T., van de Geest, H., Bombarely, A., Dawood, T., Zethof, J., Driedonks, N., Wijnker, E., Bargsten, J., Nap, J. P., Mariani, C., & Rieu, I. (2013). Genomic analysis of the native European *Solanum* species, *S. dulcamara*. *BMC Genomics*, *14*(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-356>
- Douds, D. D., Nagahashi, G., Reider, C., & Hepperly, P. R. (2007). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi increases the yield of potatoes in a high P soil. *Biological Agriculture and Horticulture*, *25*(1), 67–78. <https://doi.org/10.1080/01448765.2007.10823209>
- Ericksen, P. J., Ingram, J. S. I., & Liverman, D. M. (2009). Food security and global environmental change: emerging challenges. *Environmental Science and Policy*, *12*(4), 373–377. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.04.007>
- Genre, A., Lanfranco, L., Perotto, S., & Bonfante, P. (2020). Unique and common traits in mycorrhizal symbioses. *Nature Reviews Microbiology*, *18*(November), 649–660. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0402-3>
- Golas, T. M., Feron, R. M. C., van den Berg, R. G., van der Weerden, G. M., Mariani, C., & Allefs, J. J. H. M. (2010). Genetic structure of European accessions of *Solanum dulcamara* L. (Solanaceae). *Plant Systematics and*

- Evolution*, 285(1), 103–110. <https://doi.org/10.1007/s00606-009-0260-y>
- Gorzela, M. A., Asay, A. K., Pickles, B. J., & Simard, S. W. (2015). Inter-plant communication through mycorrhizal networks mediates complex adaptive behaviour in plant communities. *AoB Plants*, 7, plv050. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv050>
- Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., & Bending, G. D. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113(1–4), 17–35. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.09.009>
- Goss, M. J., Carvalho, M., & Brito, I. (2017). The Roles of Arbuscular Mycorrhiza and Current Constraints to Their Intentional Use in Agriculture. *Functional Diversity of Mycorrhiza and Sustainable Agriculture*, 39–58. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804244-1.00003-4>
- Gutjahr, C. (2014). Phytohormone signaling in arbuscular mycorrhiza development. *Current Opinion in Plant Biology*, 20, 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2014.04.003>
- Hammer, E. C., Balogh-Brunstad, Z., Jakobsen, I., Olsson, P. A., Stipp, S. L. S., & Rillig, M. C. (2014). A mycorrhizal fungus grows on biochar and captures phosphorus from its surfaces. *Soil Biology and Biochemistry*, 77, 252–260. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.06.012>
- Heijden, M. G. A. Van Der, Martin, F. M., & Sanders, I. R. (2015). *Tansley review Mycorrhizal ecology and evolution : the past , the present , and the future*. 1406–1423.
- Hinsinger, P., Plassard, C., & Jaillard, B. (2006). Rhizosphere: A new frontier for soil biogeochemistry. *Journal of Geochemical Exploration*, 88(1-3 SPEC. ISS.), 210–213. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2005.08.041>
- Huey, C. J., Gopinath, S. C. B., Uda, M. N. A., Zuhaimi, H. I., Jaafar, M. N., Kasim, F. H., & Yaakub, A. R. W. (2020). Mycorrhiza: a natural resource assists plant growth under varied soil conditions. *3 Biotech*, 10(5), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02188-3>
- Jumpponen, A., & Trappe, J. M. (1998). Dark septate endophytes: A review of facultative biotrophic root-colonizing fungi. *New Phytologist*, 140(2), 295–310. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1998.00265.x>
- Klironomos, J. N., & Hart, M. M. (2002). Colonization of roots by arbuscular mycorrhizal fungi using different sources of inoculum. *Mycorrhiza*, 12(4), 181–184. <https://doi.org/10.1007/s00572-002-0169-6>
- Kozioł, L., & Bever, J. D. (2017). The missing link in grassland restoration: arbuscular mycorrhizal fungi inoculation increases plant diversity and accelerates succession. *Journal of Applied Ecology*, 54(5), 1301–1309. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12843>
- Loján, P., Senés-Guerrero, C., Suárez, J. P., Kromann, P., Schüßler, A., & Declerck, S. (2017). Potato field-inoculation in Ecuador with *Rhizophagus irregularis*: no impact on growth performance and associated arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Symbiosis*, 73(1), 45–56. <https://doi.org/10.1007/s13199-016-0471-2>
- Maltz, M. R., & Treseder, K. K. (2015). Sources of inocula influence mycorrhizal colonization of plants in restoration projects: A meta-analysis. *Restoration Ecology*, 23(5), 625–634. <https://doi.org/10.1111/rec.12231>
- McCarl, B. A. (2010). Analysis of climate change implications for agriculture and forestry: An interdisciplinary effort. *Climatic Change*, 100(1), 119–124. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9833-6>
- McQueen, R. E. (2000). World population growth, distribution and demographics and their implications on food production 1. *Canadian Journal of Animal Science*, 80(2), 229–234. <https://doi.org/10.4141/A99-098>
- Messa, V. R., & Savioli, M. R. (2021). Improving sustainable agriculture with arbuscular mycorrhizae. *Rhizosphere*, 19(July), 100412.

- <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100412>  
Meyer (u. å) GROWtect Mykorrhiza RF 20 10 L.  
<https://www.meyer-shop.com/growtect-mykorrhiza-rf-20-10-1> [2021-08-21]  
Ogräsrådgivaren, SLU (u. å) Besksöta.  
[https://ograsradgivaren.slu.se/arter/index.cfm?showOgras=26&Sprak\\_id=12](https://ograsradgivaren.slu.se/arter/index.cfm?showOgras=26&Sprak_id=12)  
[2021-12-05]
- Paradić, N., Teklić, T., Zeljković, S., Lisjak, M., & Špoljarević, M. (2019). Biostimulants research in some horticultural plant species—A review. *Food and Energy Security*, 8(2), 1–17. <https://doi.org/10.1002/fes3.162>
- Piliarová, M., Ondreičková, K., Hudcovicová, M., Mihálik, D., & Kraic, J. (2019). Arbuscular Mycorrhizal Fungi - Their Life and Function in Ecosystem. *Agriculture*, 65(1), 3–15. <https://doi.org/10.2478/agri-2019-0001>
- Püschel, D., Kolaříková, Z., Šmilauer, P., & Rydlová, J. (2019). Survival and long-term infectivity of arbuscular mycorrhizal fungi in peat-based substrates stored under different temperature regimes. *Applied Soil Ecology*, 140(April), 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.04.020>
- Rillig, M. C., & Mummey, D. L. (2006). Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*, 171(1), 41–53. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01750.x>
- Savinykh, N. P., & Konovalova, I. A. (2019). Shoot Systems of Solanum dulcamara L. *Biology Bulletin*, 46(6), 570–576. <https://doi.org/10.1134/S1062359019060116>
- Smit, B., & Skinner, M. W. (2002). Adaptation options in agriculture to climate change: A typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7(1), 85–114. <https://doi.org/10.1023/A:1015862228270>
- Smith, S. E., & Smith, F. A. (2011). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: New paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annual Review of Plant Biology*, 62, 227–250. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103846>
- Souza, T. (2015). Handbook of arbuscular mycorrhizal fungi. In *Handbook of Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24850-9>
- Vierheilig, H., Coughlan, A. P., Wyss, U. R. S., & Recherche, C. De. (1998). *Ink and Vinegar, a Simple Staining Technique for Arbuscular-Mycorrhizal Fungi*. 64(12), 5004–5007.
- Walker, C., Harper, C. J., Brundrett, M. C., & Krings, M. (2018). Looking for Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Fossil Record : An Illustrated Guide. In *Transformative Paleobotany: Papers to Commemorate the Life and Legacy of Thomas N. Taylor*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813012-4.00020-6>
- Yakti, W., Kovács, G. M., Vági, P., & Franken, P. (2018). Impact of dark septate endophytes on tomato growth and nutrient uptake. *Plant Ecology and Diversity*, 11(5–6), 637–648. <https://doi.org/10.1080/17550874.2019.1610912>
- Zhang, Q., Peters, J. L., Visser, E. J. W., de Kroon, H., & Huber, H. (2016). Hydrologically contrasting environments induce genetic but not phenotypic differentiation in Solanum dulcamara. *Journal of Ecology*, 104(6), 1649–1661. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12648>

## 7. Bilaga 1



### GROWtect Mykorrhiza RF 20

#### Bodenhilfsstoff mit arbuskulärer Mykorrhiza auf Blähton

Endomykorrhizaprodukte sind Bodenvitalstoffe, die den Pflanzen zu einer natürlichen Lebensgemeinschaft mit nützlichen Mykorrhizen verhelfen. Diese nützlichen Pilze sind in Anzuchterden und in vielen Böden nicht vorhanden.

Garten- und Landschaftsbauer müssen bei Projekten häufig eine Anwachsrate garantieren und Ausfälle sind kostenintensiv zu ersetzen. Die Impfung mit GROWtect Mykorrhiza RF 20 vermindert den Stress bei der Auspflanzung und setzt die Ausfallraten deutlich herab.

#### Vorteile:

- Anwachs- und Überlebensraten werden gesteigert
- widrige Witterungsbedingungen werden besser toleriert
- Toleranz gegenüber Schädlingen und Krankheiten wird gesteigert
- erhöhte Schadstoffgehalte werden besser toleriert
- verbesserter Lufthaushalt im Boden durch Körnung

#### Eigenschaften:

Torffreies Trägermaterial mit hoher Wasserhaltefähigkeit  
Leichtes Substrat für Dachflächen.

#### Inhaltsstoffe:

Endomykorrhizapilze (heimische Stämme, enthält keine Gentechnisch Veränderten Organismen [GVO])	<i>Rhizoglyphus irregularis</i> (Blaszki, Wubet, Renker & Busco) Sieverd., G.A. Silva & Oehl <i>Funneliformis mosseae</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C.Walker & A. Schüßler <i>Funneliformis caledonium</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C.Walker & A. Schüßler
Mykorrhiza Einheiten (pro ml)	145*
Mykorrhizawirkung (Wachsförderung [%] im Standardtest)	48 ± 5*
Trägermaterial Schüttgewicht	Blähton 0,5–2,5 mm 330–450 g/l
Lagerung	2 Jahre, zwischen 4 °C und 15 °C, trocken und dunkel

\*Gemäß Produktdeklaration

Gemäß EG-Öko-Durchführungs-VO 889/2008 Art. 3 (4) im Ökolandbau zugelassen

#### Anwendung:

GROWtect Mykorrhiza muss oberflächlich in den Boden eingearbeitet werden, optimal im Wurzelraum der Pflanzen.  
Erhöhte Phosphatdüngung vermeiden.

Anwendung	Menge
Einbringen in Pflanzloch / Kübelpflanzen	50–100 ml/Pflanze pro 10 l Kübel 20–50 ml/Pflanze bei Pflanzlochdurchmesser von 25 cm 50–100 ml/Pflanze bei Pflanzlochdurchmesser von 50 cm darüber bis 350 ml/Pflanze
Bestehende Pflanzungen	pro 10 cm Stammumfang 100 ml/Pflanze in Bohrlöcher einbringen
Mischung mit Substrat	1–2 l/m <sup>3</sup> Substrat einmischen
Mischung mit Aussaat bei Neuanlagen	50–100 ml/m <sup>2</sup> oberflächlich einarbeiten
Heckenpflanzungen	50–100 ml/m Reihe

Hermann Meyer KG, Halstenbeker Weg 100, 25462 Rellingen, Tel. 0 41 01 / 49 09 - 0  
26655 Westerstede · 47877 Willich · 01683 Nossen · 89129 Langenau · 65936 Frankfurt a. M.

28.05.2020