



# Mykorrhiza i sandbäddar

Mycorrhiza in sand beds

---

Emma Tabell

Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för landskapsarkitektur  
Trädgårds- och växtproduktionsvetenskap  
Institutionen för Biosystem och teknologi  
Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram  
Alnarp 2023





# Mykorrhiza i sandbäddar

## Mycorrhiza in sand beds

Emma Tabell

**Handledare:** Siri Caspersen, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biosystem och teknologi

**Examinator:** Lotta Nordmark, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biosystem och teknologi

**Omfattning:** 15 HP

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i Trädgårdsvetenskap

**Kurskod:** EX 0844

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

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för biosystem och teknologi

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2023

**Upphovsrätt:** Emma Tabell

**Nyckelord:** Odling, symbios, Glomus, Glomeromyceter, arbuskulär mykorrhiza, rotsvampar, sand, Mucoromycotina

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för trädgårdsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

## Sammanfattning

Syftet i denna studie var att undersöka om arbuskulär mykorrhiza förekommer hos Klinta trädgård där perenna växtslag odlas i sandbäddar. Sand är naturligt näringsfattig och ingen gödsling görs på odlingen vilket kan påverka växternas etablering på platsen. Rötter från valda växtslag samlades in och Spurwayanalyser gjordes av sanden. Därefter utreddes det genom mikroskopstudier om mykorrhiza fanns i rötterna hos växtslagen och om det fanns näring tillgängligt i sandbäddarna för växternas utveckling. Resultat påvisade att det finns lite tillgänglig näring i bäddarna med små skillnader mellan växtslag. Vidare resultat visade på flera olika rotsvampar i rötterna och *Allium senescens* och *Salvia nemorosa* i äldre odlingsbäddar påvisade möjliga strukturer av arbuskulära mykorrhizasvampar. Det fanns även enstaka strukturer som förmodligen tillhör arbuskulär mykorrhiza i *Allium senescens* 2-årig bädd och i *Baptisia australis* 2-årig bädd.

Det sker mycket markstörning på odlingen då växterna förs bort och ogräsrensning görs vilket kan leda till störning av marksubstratet. Det är faktorer som kan påverka att mykorrhizasvampar har svårt att etableras. Trasig markduk är en faktor som kan vara positiv för växterna och kan ha bidragit till mykorrhizakolonisering och att tillväxt och plantkvalitet är hög då rötterna når underliggande lerjord som är mer näringsrik och har ett större biologiskt mikroliv än sanden. Även sanden som används i odlingen kan bidra positivt på tillväxten för växterna. Den vattenhållande kapaciteten kan påskynda vittringsprocessen och nedbrytningen av organiskt material vilket bidrar till tillgänglig näring för växterna. För att utröna när och om mykorrhiza kolonisering sker och för att vara säker på vilka arter som koloniserar odlingen behöver fler rotprover tas och molekylära metoder tillämpas.

## Abstract

The purpose of this study was to investigate whether arbuscular mycorrhiza occurs at Klinta garden where perennial plant species are grown in sand beds. Sand is naturally low in nutrients and no fertilization is done on the cultivation, which can affect the establishment of the plants on the site. Roots from selected plant species were collected and Spurway analyzes were made of the sand.

It was then investigated through microscopic studies whether mycorrhizae were present in the roots of the plant species and whether there was nutrition available in the sand beds for the development of the plants. Results showed that there is little available nutrition in the beds with small differences between plant species. Further results showed several different root fungi in the roots and *Allium senescens* and *Salvia nemorosa* in older cultivation beds demonstrated possible structures of arbuscular mycorrhizal fungi. There were also single structures that probably belong to arbuscular mycorrhizal fungi in the *Allium senescens* 2-year bed and in the *Baptisia australis* 2-year bed.

There is a lot of soil disturbance on the cultivation when the plants are removed and weeding is being done, which can lead to disturbance of the sand substrate. These are factors that can lead to mycorrhizal fungi having difficulty establishing. Broken soil cover is a factor that can be positive for the plants and may have contributed to mycorrhizal colonization and that growth and plant quality are high as the roots reach the underlying clay soil which is more nutritious and has a greater biological micro life than the sand. Even the sand used in the cultivation can contribute positively to the growth of the plants. The water-holding capacity can speed up the weathering process and the breakdown of organic material, which contributes to available nutrition for the plants. In order to

find out when and if mycorrhizal colonization occurs and to be sure which species colonize the cultivation, more rootsampels need to be examined and molecular methods need to be applied.

## Förord

Bakgrunden till detta arbete är ett spirande intresse för odling av växter och speciellt sådana som frodas i lite "hårdare" miljöer där klimatet kan vara exempelvis torrt, varmt och soligt. Jag är även förtjust i att stoppa fingrarna och fröer i andra substrat och spännande material som inte är "vanlig" trädgårdsjord.

Naturen ligger mig varmt om hjärtat och många fantastiska saker pågår i mark och miljö men som vi inte lägger märke till och med naturens som samarbetspartner kan vi få hjälp i våra odlingar!

Som hobby odlar jag kaktusar och initialt hade jag tänkt att göra ett examensarbete om tillväxthastighet med inokulering av mykorrhizasvamp hos kaktusar. De växer ju rätt långsamt och på en kylig vinterdag drack jag kaffe med Karolina Wallberg som berättade om sitt examensarbete och att hon hade diskuterat med Siri Caspersen om vidare forskning i sandbäddar. Jag nappade på direkten! Inokuleringen i kaktusarna får bli ett senare projekt.

### *Tack!*

Peter Korn för att jag fick komma och gräva i sanden! Odlingen är superintressant och dina växter är fantastiskt fina!

Siri Caspersen för handledning och för en oerhört lärorik period med många spännande stunder i labbet. Utan hennes goda kunskaper inom ämnet hade detta arbete inte kunnat genomföras.

Farideh Ghadamgahi på instutionen för växtskyddsbiologi för en mysig stund framför mikroskopet och hjälp med diagnostisering av svampstrukturer i Salvia.

Min kära man, Stefan Tabell för att han är datornörd och hjälper mig när tekniken krånglar och fixar så formatet blir snyggt!

Det är även dags att officiellt tacka Fredrik Jansson och Johanna Grönqvist i Amsterdam för deras tro på mig och för att ni tog på er uppgiften att vara mina privatlärare i matematik så att jag skulle ha betyg att komma in på universitetet.

Om ni vore växter skulle jag ta sticklingar på er allihop!

Tack till Lotta Nordmark som var min examinator, och har ett fantastiskt tålamod, Tack Lotta!

Jag vill också tacka alla andra på SLU för det inkluderande studieklimatet där jag känt att jag har kunnat utvecklas i mitt lärande!



# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning</b> .....	<b>10</b>
<b>Figurförteckning</b> .....	<b>11</b>
<b>Ordlista</b> .....	<b>13</b>
<b>1. Inledning</b> .....	<b>15</b>
1.1 Odling av perenna växter i sandbäddar .....	15
1.2 Sand .....	17
1.3 Vittring .....	18
1.4 Arbuskulär mykorrhiza.....	19
1.5 Näringsämnen .....	21
1.5.1 Fosfor .....	21
1.5.2 Kväve .....	21
1.5.3 Mykorrhiza i naturliga sandiga biotoper .....	23
1.6 Syfte och Hypoteser .....	25
<b>2. Material och metod</b> .....	<b>26</b>
2.1 Odlingen .....	26
2.1.1 Jordprover .....	27
2.2 Växtval och ståndortsbeskrivning .....	28
2.2.1 Insamling och processering av rotprover .....	30
2.2.2 Färgning av rötter .....	30
2.3 Mikroskopering .....	30
<b>3. Resultat</b> .....	<b>32</b>
3.1 Odlingen .....	32
3.2 Mikroskopstudier .....	33
3.2.1 Symptom och diagnos i växtslagen.....	33
3.2.2 <i>Achilea filipendulina</i> (Asteraceae).....	33
3.2.3 <i>Allium senescens</i> (Alliaceae) .....	36
3.2.4 <i>Baptisia australis</i> (Fabaceae).....	41
3.2.5 <i>Molinia caerulea</i> (Poaceae) .....	45
3.2.6 <i>Salvia</i> sp. (Lamiaceae).....	47
3.2.7 Spridningen av svamparter i växtslagen .....	50
3.3 Rotsvampar i växtslagen .....	51



3.3.1	Glomeromyceter .....	51
3.3.2	Olpidium .....	52
3.3.3	Zygomycota.....	52
3.3.4	Oomycota .....	52
3.3.5	Ascomycota.....	53
3.3.6	Plasmodiphora .....	53
3.3.7	Mucoromycotina .....	54
3.4	Tillgång till näring .....	54
<b>4.</b>	<b>Diskussion och slutsats .....</b>	<b>56</b>
4.1	Odlingen .....	56
4.2	Näring i bäddarna .....	57
4.3	Slutsatser.....	58
	<b>Referenser .....</b>	<b>60</b>

## Tabellförteckning

Tabell 1. <i>Achilea filipendulina</i> (Asteraceae) 2-årig bädd .....	34
Tabell 2. <i>Achilea filipendulina</i> (Asteraceae) 5-årig bädd .....	35
Tabell 3. <i>Allium senescens</i> (Alliaceae) 2-årig bädd .....	36
Tabell 4. <i>Allium senescens</i> (Alliaceae) 5-årig bädd .....	37
Tabell 5. <i>Baptisia australis</i> (Fabaceae) 2-årig bädd .....	41
Tabell 6. <i>Baptisia australis</i> (Fabaceae) 5-årig bädd .....	43
Tabell 7. <i>Molinia caerulea</i> (Poaceae) 2-årig bädd .....	45
Tabell 8. <i>Molinia caerulea</i> (Poaceae) 5-årig bädd .....	45
Tabell 9. <i>Salvia pratensis</i> (Lamiaceae) 2-årig bädd .....	47
Tabell 10. <i>Salvia nemorosa</i> (Lamiaceae) 5-årig bädd .....	48
Tabell 11. Tillgängliga näringen i sandbäddarna (mg/liter sand) .....	55

# Figurförteckning

Figur 1. Achilea filipendulina etablerad i 5 år. I bakgrunden ses odlingen.....	16
Figur 2. Siktkurva.....	17
Figur 3. Mycelium tillhörande mykorrhizasvamp.....	20
Figur 4. Baptisia australis i den 5-åriga bädden .....	29
Figur 5. Rotprover i plastburkar under laborationen .....	31
Figur 6. Bild med daggmask.....	32
Figur 7. Svartbrun struktur med tillhörande sporer och hyfer .....	34
Figur 8. Spor och hyf liknande de hos Mykorrhizasvamp. Mucoromycotina.....	35
Figur 9. Rund sporliknande struktur. Diagnostiserad som Oomycota .....	35
Figur 10. Nedbrutet material. Svarta sporer. Diagnostiserad som Colletotrichum/Ascomycota .....	36
Figur 11 Osepterad hyf. Tillhör förmodligen Glomeromyceter .....	37
Figur 12. Vesikel som är diagnostiserad tillhörande Glomeromycet.....	37
Figur 13 Svarta sporer. Liknar Mykorrhizasvamp är Mucoromycotina .....	38
Figur 14. Spor tillhörande förmodad Glomeromycet.....	38
Figur 15. Coil som förmodligen tillhör Glomeromyceter. Hyfen är osepterad .....	39
Figur 16. Vesiklar som tillhör Mykorrhizasvamp .....	39
Figur 17. Sporer med pälsliknande struktur. Diagnostiserad som Colletotrichum .....	40
Figur 18. Celler med bubbeliknande struktur. Diagnostiserad som plasmodiphora .....	40
Figur 19. Sporer som liknar strukturer som tillhör Glomeromycet. Diagnostiserad Mykorrhiza.....	41
Figur 20. Förmodad mykorrhizaspor.....	41
Figur 21. Celler fyllda av bubbeliknande struktur. Diagnostiserad som Plasmodiphora....	42
Figur 22. Spor liknar de som tillhör Glomeromyceter. Hyfen är mycket glest septerad. Möjligen mykorrhiza.....	42

Figur 23. Vesikelliknande strukturer och sporangier med vägg.....	43
Figur 24. Vesikelliknande strukturer. Möjlig olpidium.....	44
Figur 25. Strukturer diagnostiserade som mucoromycotina .....	45
Figur 26. Fyllda celler. Strukturer tillhör förmodligen Plasmodiphora .....	46
Figur 27. Bubbliknande strukturer. Diagnostiserad som Plasmodiphora .....	47
Figur 28. Stor grenad hyf. Tillhör förmodligen Mucoromycotina .....	48
Figur 29. Vesikel, osepterad hyf och arbuskler. Tillhör förmodligen Glomeromyceter .....	49
Figur 30. Tydliga arbuskler. Är mycket troligt Mykorrhiza. Gula sporer förmodligen svampsporer tillhörande Zygomycota .....	49
Figur 31. Vesikelliknande struktur. Diagnostiserad Glomeromycet. ....	50
Figur 32. Spridning i växtslagen av de olika svamparterna .....	50

## Ordlista

Adsorbera	Förlopp där ett fast ämne upptar och binder ämnen från en gas eller vätska (Wikipedia u.å).
Aggregat	Partiklar i en jord är bundna till varandra. Aggregatstruktur är vanligt i lerjord- Enkelstruktur är vanligt i sandjord (Eriksson et. al. 2011).
Annuell	Ettårig växt. Fullföljer livscykel från frö till blomning samma år och vissnar sedan ned.
Arbuskel	Struktur inne i rotcellen som används för diagnos av arbuskulär mykorrhiza (Koide <i>et al.</i> 2004.)
Coil	Struktur inne i rotcellen som liknar en rund ring som används vid mykorrhizadiagnostisering. (Caspersen 2022)
Dikotyledon	Fröet gror med två hjärtblad.
Hjärtblad	Blad som kan ses precis efter frögroning. Bladen som bildas efter kallas karaktärsblad och gör växten lättare att urskilja från andra arter.
Hyfer	Svamp består av hyfer som består av celltrådar Wikipedia (u.å.) Hyferna kan bilda mycel som ett nätverk under marken. Hyfer tar upp näring och bildar sporer för förökning. Hyfer kan avsöndra ämnen som bryter ner organiskt material. I symbios med växt växer hyfer in i roten hos växten.
Inokulera	Inympa. Ordet används inom biologi och medicin när en organism sätts i eller på en annan. Exempel: Vid vaccinering mot sjukdomar. (Wikipedia u.å.)
Marksubstrat	I detta arbete talar vi om sand. Men då jag använt ordet marksubstrat kan det även tillämpas på andra material som används för odling utomhus som exempelvis ler eller mulljord.
Markvätska	Vattnet med de lösta näringsämnena som finns i marken. Markvätskan kan även innehålla markdjur såsom nematoder dagmaskar och bakterier. (Eriksson et. al 2011)
Monokotyledon	Fröet gror med ett hjärtblad. Exempel: gräs och lök
Morfologi	Hur en organism ser ut och är uppbyggd.
Mykorrhiza	Betyder svamprot på grekiska. Härleder till symbiosen mellan växt och svamp.

Obligat	I biologin en organism som är bunden till ett strikt mål (NE 2023). Exempel: Glomeromyceter kan enbart fullfölja sin livscykel och metabolism tillsammans med växt.
Perenn	Flerårig. Kan variera mellan växtarter och bero på andra faktorer hur länge växten lever
Rhizosfär	De närmsta få millimetrarna som påverkas av roten. (Caspersen 2022)
Rotexudat	Organiska ämnen som växten avger från roten.
Störningsområden	Kan vara platser där det gjorts nybyggnation och grävning. Jordbruk eller naturliga områden där miljöfaktorer såsom vind eller vatten påverkar miljön kan också klassas som störningsområden.
Vesikel	Är inom cellbiologin en liten vätskeblåsa. (Wikipedia u.å.) En del vesiklar används för att tillverka eller lagra ämnen som ska utsöndras till cellens omgivning och för transport inom cellen.

# 1. Inledning

## 1.1 Odling av perenna växter i sandbäddar

Odling av perenna växter på friland görs vanligtvis på lerjordar och krukade perenna växter säljs oftast i ett odlingssubstrat baserat på torv (Fogelfors 2015). Av olika anledningar vill odlaren ibland använda andra odlingssubstrat. Till exempel när växten som drivs upp kan uppnå högre kvalitet då den odlas på ett odlingsmedium som bättre efterliknar växtens naturliga biotop.

På Klinta trädgård som ägs av Peter Korn och Julia Andersson odlas perenner i upphöjda sandbäddar. Klinta trädgård är ett trädgårdsföretag som arbetar med anläggning och trädgårdsdesign (Klinta trädgård 2017). De gör även planering och skötselplaner för kundernas trädgårdar. Kunderna består av såväl privatpersoner som offentlig verksamhet. Odlingen som görs i sandbäddar ligger angränsad till en odling som görs på lerjord med tillsatt organiskt material. I mitten av de båda odlingarna ligger en stor kallkompost där allt organiskt material slängs.

Vanligtvis odlas inte perenner i sandjord då det sägs vara mer svårödlad än i lerjord (Wallander *et al.* 2016). Anledningen till det är att sanden är näringsfattig och torkar ut relativt fort. Den kan även bli för hårt packad om den består av många olika fraktioner av korn.

Sandbäddarna som kan ses i Figur 1 där Peter Korn odlar växter för vidare användning då anläggningsuppdrag utförs är enkla pallkragar som är 120 centimeter långa och 80 centimeter breda. Höjden är ca 20 centimeter. Under pallkragarna ligger markväv av märket Mypex.

Enligt Raviv *et al.* (2019) är det lämpligt att anlägga tjockare lager ju finare sand, för att undvika att dränering samt att den lufthållande kapaciteten påverkas negativt då substratet är vattenmättat. Vidare har sand en snäv distribution i porstorlekar och det påverkar vattenvolymen som då blir konstant, vilket kan medföra att bädden inte torkar ut (Raviv *et al.* 2019). Då sanden innehåller organiskt material bryts det ned fortare jämfört med aggregatjordar såsom lera eftersom det är mer frilagt då porerna är större i sanden (Fogelfors 2015).

Efter förberedelser av en ny sandbädd på Klinta trädgård odlas annueller för att sedan succesivt bytas ut mot perenna växtslag (Korn 2022). Någon gödsling görs ej i sandbäddarna. Pesticider används inte och rensning av oönskade växter görs

manuellt och noggrant så att så lite organiskt material som möjligt lämnas i bäddarna. Vid nyplantering av inhandlade plantor tvättas växternas rötter rena från medföljande torvsubstrat. Växterna planteras sedan barrotade i sandbäddarna. En försämrad rotutveckling och etablering av växten i sandbädden har uppfattats då torv lämnats kvar vid rötterna.

Forskning har visat på att det är sämre kolonisering av mykorrhizasvampar då torvsubstrat används (Linderman & Davis 2003). Det kan exempelvis bero på att torv innehåller mycket fri fosfor efter näringsbevattnings vilket kan hämma bildningen av mykorrhizasymbios (Caspersen 2022).

Bevattnings på Klinta trädgård görs endast vid nyplantering av växter och inte ens under de torraste sommarmånaderna görs någon ytterligare bevattnings på odlingen (Korn 2022).

När företaget får anläggningsuppdrag grävs växterna upp ur bäddarna och delas för att sedan planteras barrotade på den nya växtplatsen.



*Figur 1. I denna bild visas en Achillea filipendulina som varit etablerad i 5 år. I bakgrunden kan ses hur odlingen är uppbyggd med sandbäddar med anlagda sandgångar emellan bäddarna.*

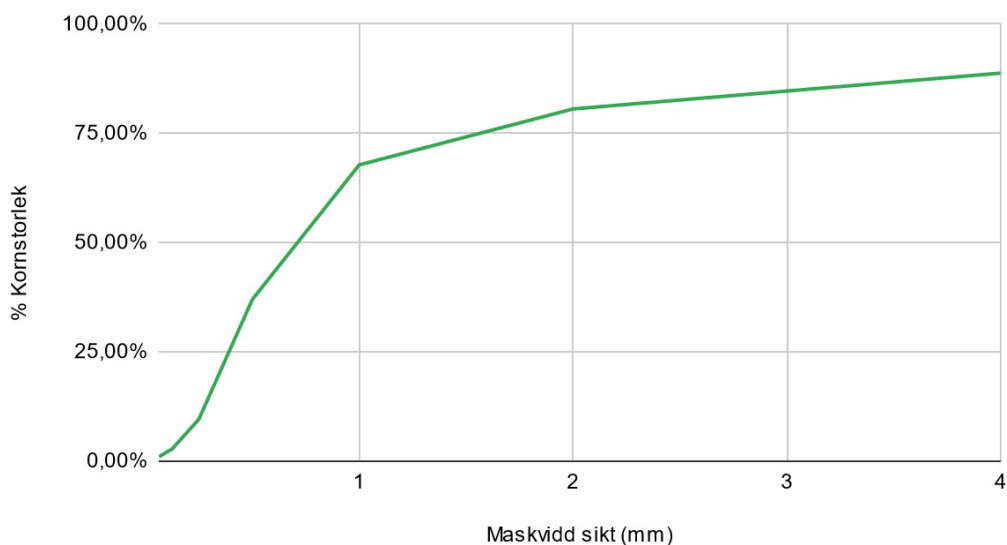


## 1.2 Sand

Sand består av stenpartiklar i varierande storlek och är formad av vittring (Davies, *et al.* 2018). Den minerala sammansättningen beror därför på vilka typer av stenmineral sanden består av. Vanligtvis används sand som består av mineralen kvarts som innehåller mestadels kisel i odling. Sand är inert och naturligt näringsfattig och har inte någon buffringskapacitet eller katjonsutbyteskapacitet. Vanligtvis tillsätts organiskt material vid odling för att öka näringsinnehållet. På Klinta trädgård bortförs istället så mycket organiskt material som möjligt (Korn 2022).

Sanden som används hos Klinta trädgård kallas i anläggningstermer rörgravsgrus. Enligt siktcurvan i Figur 2 tillhandahållen av Bösarps grus (2022) består sanden till 50% av kornstorleken 0,5 mm. Det visar på att det är mestadels sandfraktioner i bäddarna. Det finns även 2% i fraktionen som är  $\emptyset$  0,063 mm vilket kallas grovsilt.

Siktcurva rörgravsgrus



Figur 2. Siktcurva. Här visas de olika fraktionerna i sanden som används på Klinta. Det är en liten andel av kornstorlekar under 0,06 mm och det största andelen består av kornstorlekar från 0,5 mm (Brösarps grus och torrbruk 2022).

Sanden som används vid odling på Klinta består av bergarter som är sammansatta av granit (Lindström 2021, metod SS-EN 932–3). Sanden innehåller även fältspat under muskovitomvandling och kvarts. Den innehåller en stor andel kalksten och det finns även en liten andel silt och lera i sanden. Det kan påverka kohesionen i marksubstratet då de består av mindre kornstorlekar upp till 0,063 mm (Lindström 2021, metod SS-EN 932–3, Eriksson *et al.* 2011).

Kalksten, silt och lera är alkalisilikareaktiva partiklar och kan påverka aggregatbildning (Eriksson *et al.* 2011). De partiklarna har en högre katjonsutbyteskapacitet än sand. Sanden innehåller även mineralerna amfibolit, gabro och diabas (Lindström 2021, metod SS-EN 932–3).

Kalksten består av  $\text{CaCO}_3$ , kalciumkarbonat (Eriksson *et al.* 2011). Kalksten vittrar mycket enkelt och är i ständig lösning i marken och har därför mycket stor betydelse för hela markemin.

Silikater är blandoxider av mestadels ämnena K, Na, Mg, Ca, Si, Fe och Al (Eriksson *et al.* 2011). Beroende på hur kristallerna är uppbyggda har de olika vittringsbenägenhet. Vanligtvis vittrar de i hastighet av skriven ordning där kalium frigges först följt av natrium och magnesium. Dock kan ett mycket litet inslag av lättvittrade silikater ha stor betydelse för bördigheten i marksubstratet.

När kemisk vittring sker frigörs baskatjonerna  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  och  $\text{Mg}^{2+}$  (Klaminder *et al.* 2011). Baskatjonerna blir sedan tillgänglig näring för växterna genom katjonsutbytet då växterna avger vätejoner genom rotexudat och därmed frigör näring.

### 1.3 Vittring

Vittring delas in i fysikalisk vittring och kemisk vittring (Eriksson *et al.* 2011).

Fysikalisk vittring påverkas av faktorer såsom värme, frost och vatten.

Då en plats är bevuxen med vegetation orsakar denna växtlighet en betydelsefull biologisk-kemisk vittringsprocess (Eriksson *et al.* 2011). Den kemiska vittringen främjas då av växternas rotexudat i form av organiska syror som utsöndras. Det kan också orsakas av organiska syror från mykorrhizasvampars aktivitet. Då växter koloniserar en plats avges  $\text{H}^+$  (vätejoner),  $\text{CO}_2$  (koldioxid) och organiska syror som påverkar hastigheten på vittringsprocessen. Det bildas även organiska syror då mikrober bryter ned organiskt material. Organiska syror innebär en högre andel  $\text{H}^+$  och ett lägre pH-värde vilket gör att vittringen går fortare i primära mineraler.  $\text{H}^+$  är reaktivt och förbrukas i reaktionen som vittring innebär (Eriksson *et al.* 2011). Om den specifika ytan är mindre (mindre korn) går vittringen fortare. Vittring påverkas även av temperaturen då det går fortare vid högre temperatur. Om vattenhalten är hög medför det att lösta produkter från vittringsprocessen såsom exempelvis kalium kan transporteras bort från kornen vilket också påskyndar vittringen.

Produkterna från vittringsprocessen löses genom tid upp i joner och kiselsyra (Banfield *et al.* 1999, Eriksson *et al.* 2011). Några av dessa produkter är svårlösta och ligger fastlagda i marken och blir i ett senare skede sekundära mineraler. Andra produkter är löslösta och bidrar till lösta salter i marken och därmed näring som växten kan tillgodogöra sig.

## 1.4 Arbuskulär mykorrhiza

Svampar som bildar arbuskulär mykorrhiza är distribuerade över hela världen, i såväl tempererade miljöer som tropiska, arida och arktiska klimat (Pagano 2012). Nästan alla växtslag i sin naturliga biotop ingår i symbioser med svampar (Smith & Read 2010). Även växtslag med ekonomiska värden såsom odlade växter i plantskolor har etablerade mykorrhizasymbioser (Koltai 2010).

Arbuskulära mykorrhizasvampar tillhör stammen Glomeromycota (Dyntaxa u.å) och klassen Glomeromycetes. Det finns fyra ordningar: Paraglomerales, Archaeosporales, Diversisporales och Glomerales. Arton arter är angivna i Dyntaxa för Sverige (Dyntaxa u.å).

Svamparna är obligata rotsymbionter (Pagano 2012). De förekommer som mångfaldsamhällen där olika arter koloniserar en och samma rot. Funktionen av symbiosen varierar och beror på vilka arter av svamp som är delaktiga och även på vilken värdväxt som är etablerad på platsen.

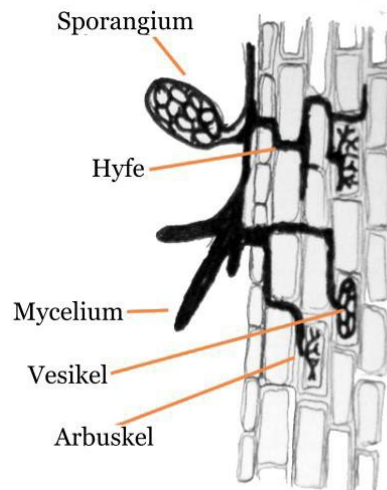
Eftersom Glomeromycetes inte kan etablera sig och överleva utan en värdväxt är de därför svårödlade i laborationskulturer (Ahanger *et al.* 2014). Det eftersom svamparna är helt beroende av växtens koltilförsel för fullföljning av sin metabolism där växten förser svamp med kol och växten får i gengäld ökad tillgänglighet på näring (Smith & Read 2010)

Mykorrhizasvampar reproducerar enbart asexuellt med vilsporor i marken (Taylor *et al.* 2009). Sporerne är relativt stora och varierar i storlek mellan 40–800 µm.

Innan svampen koloniserar växtens rötter sker det en kommunikation mellan svamp och växt vilken leder vidare till en etablering av symbiosen (Gianinazzi-Pearson *et al.* 1996). Kommunikationen sker i rhizosfären med hjälp av signalmolekyler som växten avger i rotexudat. Molekylerna känns igen av svampen och stimulerar på så sätt tillväxten av hyfer. Svampen i sin tur avger en svag signal som gör att växten känner av svampens appressorium och vidare inducerar expression av gener för etablering av symbiosen.

Om marken är näringsfattig och fosforhalten är låg påverkas etableringen av symbiosen positivt (Siqueira *et al.* 1998). Diversitet av svamparter och hur väl koloniseringen sker i symbiosen påverkas även av andra miljömässiga faktorer.

Vid kolonisering penetrerar svampen celler i roten hos växten (Figur 3) och bildar där trädliknande strukturer som kallas arbuskler (Koide *et al.* 2004.) Svampen koloniserar celler i finrötterna och hyferna kan vidare penetrera porer i substratet som är för små för rötterna att kunna växa in i.



Figur 3. I denna bild visas Mycelium tillhörande mykorrhizasvamp penetrera rotceller. Där bildar svampen arbuskler. Det kan även ses en vesikel och sporangium tillhörande arbuskulär mykorrhiza. Porse, S (u.å.) (CC BY-SA 4.0.)

Arean för upptag utökas och gör metaboliter och näringsämnen lättare tillgängliga för både växt och svamp (Koide *et al.* 2004.) Denna funktion ökar upptaget av vatten och näring, såsom fosfor och andra för växten viktiga näringsämnen. En etablerad symbios kan även göra växten mer konkurrenskraftig och ha positiv inverkan på växternas etablering i successionen (Guadarrama *et al.* 1999).

Ca. 50% av växtens kolinlagring genom fotosyntesen används under jord till att försörja rotutveckling och 10–20% av kolet har påvisats försörja symbiosen med svampar (Wallander 2012).

I vissa fall kan det bildas vesiklar (Figur 3) mellan celler i växtens rötter, vilka forskare föreslagit kan fungera som förråd för svampen (Wallander 2012). Vesiklar bildas ofta senare i symbiosen och arbuskler bildas i ett tidigare skede (Wallander 2012).

Det har påvisats att mykorrhiza ger skydd mot patogener och tungmetaller i rotzonen och kan påverka de olika strukturerna i marken positivt med ökad aggregatbildning och även skydda mot uttorkning hos växten (Miller & Jastrow 2000). En god svamp -växt symbios kan ge förbättrad resistans mot vissning, ökat upptag av mikronäringsämnen och bättre återetablering av växterna i störningsmiljöer (Miller & Jastrow 2000).

Kolonisering av arbuskulär mykorrhiza kan påverkas negativt av störningar som exempelvis grävning med reducerad sporulering som följd (Alguacil *et al.* 2008). Även tillsättning av kväve kan påverka diversitet och abundans av mykorrhiza negativt vilket i sin tur beror på hur mycket fosfor som är tillgängligt och vilken värdväxt som finns på platsen (Egerton-Warburton *et al.* 2007).

## 1.5 Näringsämnen

### 1.5.1 Fosfor

Fosfor är ett essentiellt näringsämne och är en del i DNA hos alla levande organismer (Ahanger *et al.* 2014). Fosfor är även en komponent i ATP och ADP som står för växtens energiförsörjning (Evert & Eichorn 2013). Det är därför nödvändigt för växtens utveckling och tillväxt. Fosfor påverkar också funktionen av fotosyntes, fixering och upptag av kväve (Ahanger *et al.* 2014). Utan fosfor kan växten ej fullfölja sin livscykel.

Fosfor har sitt ursprung i mineralen apatit och finns i marken antingen i organisk eller oorganisk form (Eriksson *et al.* 2011). Om marken består av mycket organiskt material dominerar organiskt bunden fosfor. Dock är ofta den oorganiska fraktionen av fosfor större än den organiska. För växter är den viktigaste formen av löslig fosfor, jonen  $H_2PO_4^-$  (Eriksson *et al.* 2011, Barrow 2017).

Fosfor tas upp av växten under ett snävt pH optimum och vid låga pH-värden kan jonerna bilda föreningar som är hårt bundna till järn och aluminium (Eriksson *et al.* 2011). Jonerna kan även adsorberas till partikelytorna genom att bilda svårlösliga ytkomplex med järn, aluminiumoxider och hydroxider. Då pH-värdet i marken är högt vid exempelvis kalkhaltig sand kan fosfor binda till kalcium vilket leder till att näringsämnet blir svårtillgängligt för växten. Lösligheten av fosfor beroende av pH-värde är en komplex interaktion och varierar mellan växtarter och marksammansättning. Vanligtvis är lösligheten av fosfor för upptag av växten beroende av dessa faktorer och varierar mellan pH 3–7 (Barrow 2017). Eftersom fosfatjonerna lätt reagerar med olika komponenter i marken är fosfortillgången i marklösningen ofta låg vilket medför att i mark där gödsling ej tillämpas kan fosforkoncentrationen vara kraftigt reducerad (Eriksson *et al.* 2011).

Nästan 80% av växtens fosforbehov kan levereras till växten genom mykorrhizasvampens hyfer (Ahanger *et al.* 2014).

### 1.5.2 Kväve

Kväve är ett essentiellt näringsämne och ingår i DNA hos alla levande organismer, såväl växter som svampar (Raviv *et al.* 2019). Hos växter finns kväve också i

klorofyllet i bladen (Eriksson *et al.* 2011). Kvävebrist kan därför resultera i dålig tillväxt och tidig blomning.

Kväve kan finnas i marklösningen som organisk form, nitrat eller ammonium (Eriksson *et al.* 2011). Det största upptaget av kväve till växten sker genom i dessa former. Då kvävet finns som  $NH_4^+$  joner (ammonium) adsorberas det utbytbart till mineraler. Kvävet kan också fixeras i lermineral och organiskt material (Eriksson *et al.* 2011). Kvävet som ligger bundet i organiskt material blir tillgängligt för växten genom mikrobiella processer.

Kvävet i atmosfären är i formen  $N_2$  vilket är en mycket stabil molekyl och är ej tillgängligt för organismer att ta upp (Eriksson *et al.* 2011). Många mikroorganismer som exempelvis kvävefixerande bakterier har därför utvecklat ett enzym som kallas nitrogenase som kan dela molekylerna. För att detta ska fungera behöver det vara syrefritt och organismerna behöver tillgängligt kol. Dessa mikroorganismer har påvisats ha en god påverkan på arbuskulär mykorrhiza (Wang *et al.* 2022).

Olika arter av svampar kan påverka nedbrytning och kväveupptag på olika sätt (Wang *et al.* 2022). När forskare inokulerade växter med arbuskulär mykorrhizasvamp sågs det att kvävet togs upp av svampens hyfer och fördes vidare till växten även under stress (Ahanger *et al.* 2014). Dock har forskare sett att vid arbuskulär mykorrhizakolonisering står svampen endast för 20% av växtens kväveupptag jämfört med växter i skogssystem som är koloniserade av ectomykorrhiza där svampen då står för 80% av kväveupptaget (Makarov 2019).

### 1.5.3 Mykorrhiza i naturliga sandiga biotoper

Näringsinnehållet i jorden påverkar tillväxt och utveckling hos växten på platsen (Pagano 2012, Poorter 1989). Även andra interaktioner som exempelvis konkurrens, mykorrhizasymbioser eller bakterier påverkar växternas etablering på en plats (Casper & Jackson 1997).

Arbuskulär mykorrhiza kan etableras i basiskt marksubstrat (pH 7.5–8.5) (Pagano 2012). I ett senare försök har mykorrhizasvampar påvisats vara mycket breda i pH optimum. Där såg Kawahara *et al.* (2016) att svamparna etablerades väl i pH 3,5 upp till pH 8,5. Vissa svamparter kan tåla höga pH nivåer och är då mycket effektiva på att assimilera oorganisk fosfor (Pagano 2012)

I ett fältförsök av Gaur & Adholeya (2005) inokulerades en blandning med olika arter av naturligt förekommande mykorrhizasvampar och jämfördes med inokulering av *Glomus intraradices*. Inokuleringen gjordes i fem olika växtslag; *Petunia hybrida* (Solanaceae), *Tegetes erecta* (Asteraceae), *Callistephus chinensis* (Asteraceae), *Papaver rhoeas* (Papaveraceae) och *Dianthus caryophyllus* (Caryophyllaceae). Växterna odlades i ett sandsubstrat med låga nivåer av fosfor med organiskt material tillsatt. Inokulering resulterade i ökad blomning i *C. chinensis*. Mykorrhizakolonisering och spridning av sporer visade sig variera mellan värdväxterna och med vilken art av svamp som användes vid inokulering.

En del försök har också gjorts på mykorrhiza och stabilisering av sanddynor. Svampen har då varit i symbios med *Leymus arenarius* (Poaceae) vilken är en gräsart som kan konkurrera väl i dessa miljöer (Koske & Poison 1984, Olsson & Wilhelmsson 2000). Det har då setts arbuskulär mykorrhizakolonisering i rötterna hos gräset. Symbiosen bidrar där med stabilisering av sanddynor och formar aggregat med sandkornen och förser växten med fosfor. Dock fann inte forskarna Olsson och Wilhelmsson (2000) någon naturlig mykorrhizaetablering på platsen för inokulering.

Drew (2002) gjorde ett försök för att se om tillväxt och funktion av mykorrhizasvamparnas hyfer kunde påverkas av ogynnsamma miljöer genom att använda sig av substrat med olika porstorlek. Två svamparter (*Glomus intraradices* och *Glomus mosseae*) och deras förmåga att transportera fosfor från marksubstratet till värdväxten *Trifolium subterraneum* L (Fabaceae) undersöktes. Substratet som användes var olika typer av kvartssand. Växterna som var inokulerade hade likartad tillväxt i alla substraten vilket forskarna tolkade som att symbiosen inte påverkades av porstorlek. Det kunde även ses att värdväxten som odlades med *G. intraradices* innehöll mer fosfor än de som odlades med *G. mosseae*. Dock kunde de inte påvisa att förändringar i sandporstorleken påverkade svamparnas förmåga att utvinna fosfor på avstånd från värdrötterna. Eftersom det inte sågs någon skillnad mellan mängden hyfer i substratet mellan *G. intraradices* och *G. mosseae*.

Resultatet i försöket av Drew (2002) visade att svamparna kunde ändra sin morfologi och på så sätt utvinna fosfor i symbios med värdväxten.

Försöket påvisade att kontrollgruppen av växt som ej hade någon inokulering visade på sämre tillväxt än värdväxterna med inokulerad mykorrhiza.

Greipsson & El-Mayas (2000) undersökte mykorrhiza i sanddynor på Island. På kusten vid Myrdalssandurno vilka är naturliga sanddynor kunde de finna förekomst av arbuskulära mykorrhizasvampar i bar sand. Dock fanns mycket få sporer av mykorrhizasvampar i sanddynor som var bevuxna med *Leymus arenarius* (Strandgräs) som hade legat ostörda i ett, fem och tio år. Sanddynorna som varit ostörda i 10 år hade högre abundans av mykorrhizasvampar än de som legat ostörda en kortare tid. I försöket såg de även att sporer varierade under säsongerna med en högre förekomst under hösten jämfört med våren.

Vidare experiment gjordes på vulkanön Surtsey. Inga sporer eller rotkolonisering gick att finna då forskarna jämförde sanddynor som legat ostörda i ett och sex år. Dock hittades mykorrhiza i sanddynor som legat ostörda i 22 år och var bevuxna med *L. arenarius*.

På ön fann forskarna även ett intressant koloniseringsmönster där växter som ej bildar mykorrhiza var de första att kolonisera platsen. Det följdes sedan med en succession där mykorrhizasymbionter etablerades på platsen. Koloniseringsmönstret av växtarterna som ej kan bilda mykorrhiza då successionen påbörjades var pionjärarter såsom *Honkenia peploides*, *Sagina procumbens*, och *Rumex acetocella*. Vidare såg forskarna en etablering med sekundära arter vilka var koloniserade av mykorrhizasvampar såsom *Leymus arenarius*, *Cochlearia officinalis*, och *Mertensia maritima*.

Vid senare försök fanns det även växtarter etablerade på platsen såsom *Angelica archangelica*, *Matricaria maritima*, and *Festuca rubra* vilka hade en väletablerad symbios med Glomeromyceter (Fridriksson 1987, Greipsson & El-Mayas 2000).



## 1.6 Syfte och Hypoteser

### Syfte och mål

Syftet är att öka kunskapen om förekomsten av mykorrhiza i sandbäddar.

Målet är att genom mikroskopstudier undersöka om etablerade mykorrhizasymbioser finns i odlade sandbäddar på Klinta trädgård. Provtagning görs även på sanden för att utreda om näringsbehovet är tillgodosett för växternas livscykel.

### Hypoteser

- Om mykorrhiza går att finna är det en större mängd i de 5-åriga bäddarna.
- Tillgänglig näring kommer vara högre i de äldre bäddarna då halten av organiskt material har ökat.
- Nivåerna av kalcium kommer att vara höga och avspegla ett högt pH-värde på grund av den kalkhaltiga sanden som är under vittring.

## 2. Material och metod

### 2.1 Odlingen

Provtagning av växtrötter för bestämning av eventuell mykorrhizakolonisering har gjorts hos Klinta trädgård som är ett trädgårdsföretag där perenna växtslag av prydnadsvärde odlas i sandbäddar.

Trädgårdsföretaget ligger utanför Höör i Skåne län, koordinater (lat, lon) 55.858799, 13.500315. Årsmedeltemperaturen är ca 9 °C (Vackertväder u.å.). Den sista vårfrosten är med 50% sannolikhet 9 maj och odlingssäsongen spås vara ca 152 dagar (Vackertväder u.å.). Årsnederbörd i medel är 500 millimeter per år (SMHI.se).

En god genomgång av hur odlingen på Klinta sköts gjordes genom samtal med Peter Korn och visuellt genom besök på platsen. Odlingen ligger öppet och solen når växtligheten större delen av dagen.

Sandbäddarna består av fraktioner mellan 0–8 mm vilket är en blandning mellan silt, sand och grus (Eriksson *et al.* 2011). Sanden är köpt hos AB Bösarps grus & torrbruk där de kallar materialet för rörgravsgrus vilket vanligtvis används vid rörläggning under mark. Vid ett samtal med Hans Olsson vid Bösarps grus och torrbruk gavs tillgång till siktkurva och analyser av stenartsinnehåll.

Under bäddarna ligger ett till tre lager Mypex markväv. Markväven är perforerad vilket gör att vatten och näring kan passera ner och vidare till markytan och ger ett gott luftflöde (Waterboys.se).

Rotprover togs i sandbäddar som var två år gamla respektive fem år gamla. Tre prover av varje växtslag togs i olika delar av bädden. Förrådet av organiskt material bedömdes endast visuellt vid vaskning och siktning av rötterna.

### 2.1.1 Jordprover

Vid provtagningstillfället togs jordprover på sanden som skickades till LMI i Helsingborg för Spurwayanalys av tillgänglig näring, pH och ledningstal (Lt).

Jordproverna togs i utkanten av varje bädd där växterna uttagna för provtagning var etablerade. Inga rötter fanns därför i jordprovet. Det togs ca 1 liter sand i varje bädd.

På LMI (Lennart Månsson International) arbetar de med att tillverka flytande växtnäring och erbjuder anpassade växtnäringsrecept till kunderna utifrån jord, växt och vattenanalyser som utförs i laboratoriet på LMI.

En Spurway analys visar mängden näring i jorden som är tillgänglig för växterna under de närmaste veckorna/månaderna (LMI u.å.). Detta kan göras då odlaren exempelvis vill ha underlag för grundgödsling på våren. Spurwayanalysen kallas ibland driftsanalys och kan göras inför gödselplanering. I analysen ingår pH, ledningstal (Lt) och växtnäringsämnen såsom: nitratkväve, ammoniumkväve, fosfor, kalium, magnesium, svavel, kalcium, mangan, bor, järn, natrium och aluminium.

Ledningstalet ger en fingervisning av innehållet av vattenlösliga salter i ett odlingssubstrat (FOR 2018). Vilket ger en indikation på hur näringsrik jorden är. Ett högt ledningstal visar en hög mängd lösta salter vilket betyder en högre mängd näringsämnen. Gränsvärdet är vanligen 2 mS (Milli siemens). Värdet i odling utomhus ligger vanligtvis på 1–2 mS.

pH-värdet ger ett mått på surhetsgraden i marksubstratet och ger en anvisning på vilka näringsämnen som är tillgängliga.

## 2.2 Växtval och ståndortsbeskrivning

Växtslag valdes ut först familjevis för att på plats avgränsas till ett fåtal arter som fanns tillgängliga i de yngre sandbäddarna såväl som de äldre. Vidare valdes växter som såg ut att konkurrera väl på platsen och såg friska ut.

En lista funnen på [nutrientcompany.com](https://www.nutrientcompany.com) om vilka växtfamiljer som har påvisats med mykorrhizakolonisering användes som stöd vid samtal med Peter Korn över vilka växtslag som var intressanta ur tillväxt och odlings synpunkt. En god spridning på valet hölls genom att både mono- och dikotyledoner valdes. Växtfamiljer som valdes ut var Fabaceae, Poaceae, Alliaceae, Lamiaceae och Asteraceae. Fabaceae valdes med tanke på förekomsten av symbiosen med rhizobiumbakterier.

De utvalda växtarterna där prover togs i både 2 och 5 åriga bäddar var:

- *Achilea filipendulina* (Asteraceae)
- *Allium senescens* (Alliaceae)
- *Baptisia australis* (Fabaceae)
- *Molinia caerulea* (Poaceae)
- *Salvia nemorosa* (Lamiaceae) 5-årig sandbädd
- *Salvia pratensis* (Lamiaceae) 2-årig sandbädd

*Achilea filipendulina* - Asteraceae (Praktröllika)

Släktet *Achilea* härstammar från de norra delarna av jordklotet (Hansson 2017) varav tre arter kan hittas vildväxande i Sverige. De högväxta arterna växer vanligtvis på ruderatmarker och grässlätter (Hansson 2017). *Achilea filipendulina* blir 100–150 centimeter hög vid god etablering. Växten har god härdighet och är lättodlad i hela Sverige på soligt läge. Den bör odlas i kalkhaltig, väl-dränerad sandjord (Hansson 2017).

*Allium senescens* - Alliaceae (Bredbladig kantlök)

Växten kan hittas vildväxande i södra och mellersta Sverige och den naturliga biotopen är då torra steniga jordar i soligt läge (Hansson 2019). Den kan även finnas i rasbranter och bland klippor. Den blir 10–35 cm och är härdig i hela Sverige på ett skyddat läge. Underarten ssp. *montanum* är lättodlad och har en bred ståndortsamplitud (Hansson 2019).

*Baptisia australis* - Fabaceae (Färgväppling)

*Baptisia* härstammar från östra USA där den växer på prärien och i torr skog (Hansson 2017). Den är härdig i hela Sverige om den tillåts växa i ett soligt läge. Växten är lättodlad och kan etablera sig på de flesta jordar. Den utvecklas dock bäst på djup, sandblandad lerjord (Hansson 2017). (Figur 4)

*Molinia caerulea arundinacea* - Poaceae (Jättetåtel)

*Molinia* är en gräsart som förekommer naturligt i stora delar av världen och finns i Nordöstra USA, Centralasien, Nordvästra Afrika, Sibirien och i Europa (Wikipedia u.å). I Sverige är den härdig i hela landet. Växten etableras bäst i jord som är väl-dränerad och molinian trivs på en solig ståndort (Perenner.se).

*Salvia nemorosa* - Lamiaceae (Stäppsalia)

Salvior växer naturligt på soliga och torra ståndorter och släktet finns etablerat över hela världen (Hansson 2017). I Sverige finns det fyra arter som trivs mycket väl och två av dessa är *S. nemorosa* och *S. pratensis* vilka utgör de gjorda växtvalen.

*Salvia nemorosa* har ett kraftfullt växtsätt och är nästan en liten buske på 50–70 cm (Hansson 2017). Salviorna kan konkurrera väl i de flesta jordar, på en varm och solig växtplats (Hansson 2017).

*Salvia pratensis* - Lamiaceae (Ängsalvia)

*Salvia pratensis* har hittats i Lunds medeltida kulturlager tillsammans med en mängd andra växter, vilket gör att det kan anses vara en av Sveriges längst odlade örter (Hansson 2017). Den är vildväxande men fridlyst i södra Sverige och etableras på öppen ängsmark och vid skogsbryn i soligt läge. Den växer 30–80 centimeter hög vid god etablering (Hansson 2017).



Figur 4. I denna bild visas *Baptisia australis* i den 5-åriga bädden. (Foto: Emma Tabell)

### 2.2.1 Insamling och processering av rotprover

Växtbäddarna valdes efter ålder. En god spridning över odlingen uppnåddes således. Därefter grävdes med försiktighet rötterna till plantan fram. Tre prover togs av varje växt i varje växtbädd och ungefär en liter sand med tillhörande rötter grävdes upp och lades i plastpåsar. Det togs även ungefär 1 liter sand utan rötter från varje bädd. Under provtagningsdagen hölls proverna i skuggan för att sedan förvaras svalt i ett förråd under natten. Rötterna tvättades sedan rena från sand och organiskt material. De klipptes därefter i 1 centimeter bitar och stoppades i 50 ml burkar med skruvlock och märktes med växtens namn och växtbäddens ålder. Därefter hälldes etanol 50% ned i burkarna.

### 2.2.2 Färgning av rötter

Efter tvättning av rötterna blektes de i kaliumhydroxidlösning 10%. Provet värmdes upp i mikrovågsugn tills kokpunkten var nådd. Provet lämnades sedan 24 timmar för att rötterna skulle blekas. Kaliumhydroxiden hälldes bort och rötterna sköljdes försiktig med vatten. Därefter gjordes ytterligare en blekning med väteperoxid 10% i 10 minuter. Några prover som var mer lignifierade stod ett par minuter extra. Provet sköljdes därefter försiktigt med avjoniserat vatten. Därefter täcktes rotprovet med saltsyra (HCl) 1% och ställdes åt sidan i 24 timmar. Innan infärgning påbörjades hälldes saltsyran bort. Därefter täcktes rotprovet med Pelikanbläck 4001 5% i blandning med mjölksyra och glycerol i 5 minuter. Därefter hälldes pelikanbläcket av och istället tillsattes en blandning av mjölksyra och glycerol.

## 2.3 Mikroskopering

Metoden som användes för bedömning gjordes visuellt genom att granska rötterna i mikroskop. Förstorning x10 och x40 användes i studien. Vid bedömningen granskades rötterna noggrant efter karaktäristiska arbuskler, vesiklar och sporer. Vidare kontrollerades om hyferna som leder till misstänkta arbuskler, sporer och vesiklar var septerade. Även små studier i andra svampar som kan finnas i rötter gjordes. Åtta stycken mikroskopsglas granskades för varje prov.



*Figur 5. Här ses rotprover i plastburkar under laborationen. (Foto: Emma Tabell)*

## 3. Resultat

### 3.1 Odlingen

Odlingen i sin helhet såg mycket frisk ut och inga av växterna uppvisade tecken på några näringsbrister. Det fanns dock del oönskad växtlighet i form av *Equisetum arvense* L. (Åkerfräken) på platsen.

Vid tvättningen av rötterna inför infärgning användes en sikt. Tvättvattnet hölls av för att ta till vara på rötterna. Organiskt material såsom plantrester gick då att se. Mängden var liten och det var enkelt att urskilja rötter för utsortering. I den 5-åriga bädden där *Salvia nemorosa* var etablerad fanns det en lite större andel organiskt material och en liten daggmasc (Figur 6) kom med sanden vid provtagning.



Figur 6. Bild med daggmasc. Daggmasken illustrerar mängden organiskt material i *Salvia nemorosa* 5-årig bädd. (Foto: Emma Tabell)



## 3.2 Mikroskopstudier

Resultaten vid mikroskopstudierna påvisade flera olika svamparter i rötterna. Diagnostisering av svamparna gjordes då det var möjligt. Svampar som blev diagnostiserade tillhörde *Olpidium* sp, Zygomycota, Ascomycota, Oomycetes Mycoromycotina och Glomeromyceter. Vidare diagnostiserades två Chromister. Svampar som finns i rötter och har septerade hyfer kallas för ”Dark septate endophytes”. De svamparna tillhör olika arter och även olika svampriken. Glomeromyceter är de svamparter i mikroskopstudien som diagnostiserades i liten utsträckning i rötterna.

### 3.2.1 Symptom och diagnos i växtslagen

I tabellerna 1–10 nedan visas symptomen på kolonisering av de olika svamparterna i växtslagen som provtogs vid odlingen på Klinta trädgård. Växtslagen presenteras i bokstavsordning. Symptomen presenteras till vänster i tabellen och diagnos presenteras till höger. I några fall presenteras symptomen i rötterna även med bilder (se figur 7–31) efter respektive växtslag. Symptom på svampar i rötter kan vara svåra att tolka och i några fall kan definitiv slutsats inte dras.

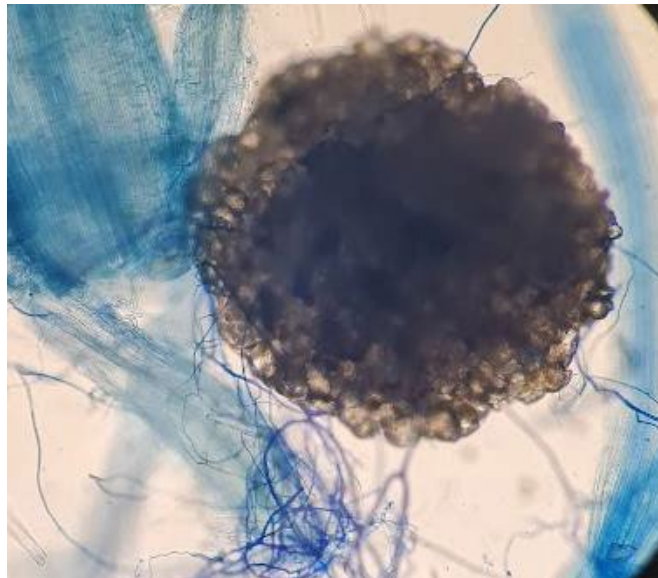
### 3.2.2 *Achilea filipendulina* (Asteraceae)

Rötterna i den 5-åriga bädden var vid provtagning täckt av vitt mycel som luktade starkt av svamp. Vid förberedelser inför mikroskopstudier var rötterna mycket trasiga och hade minskat i mängd. Troligen har en nedbrytningsprocess fortsatt trots alkoholen. Vid kokning minskade mängden än mer och i slutändan fanns det inte så mycket provmaterial att tillgå. Därför avspeglades endast 7 mikroskopsglas i studien av *Achilea filipendulina*.

Flertalet septerade hyfer med tillhörande svarta sporer sågs i rotprovet. Hyfer infekterade inuti celler. En del av cellvägg i ett av proverna där mycel fanns var nedbruten. Det kunde även ses septerade hyfer i nystanliknande strukturer med tillhörande sporer och där dessa fanns är plantmaterialet mer nedbrutet än på andra ställen. Svampen har inte kunnat bestämmas.

Tabell 1. *Achilea filipendulina* (Asteraceae) 2-årig bädd

Symptom	Diagnos
Flertalet septerade trådiga hyfer. Mycket sporer och nedbrutet växtmaterial. Infekterar även runt celler. En hyf ledde till sporangier som är något toppiga. Har sporer inuti och var på väg att öppnas upp.	Oomycota Spp.
Flertalet celler fyllda med bubblika strukturer	Plasmodiphora
Flertalet sporer och hyfer som liknar Glomeromycet.	Mucoromycotina (Figur 7)
En stor svartbrun struktur med sporer och hyfer inuti. Struktur med liten spor i mitten. Tillhörande hyfer.	Mucoromycotina (Figur 8)



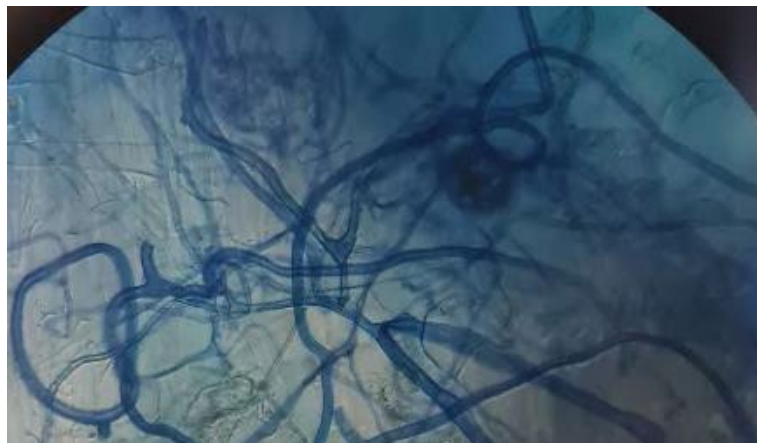
Figur 7. Svartbrun struktur med tillhörande sporer och hyfer. Diagnostiserad som Mucoromycotina. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)



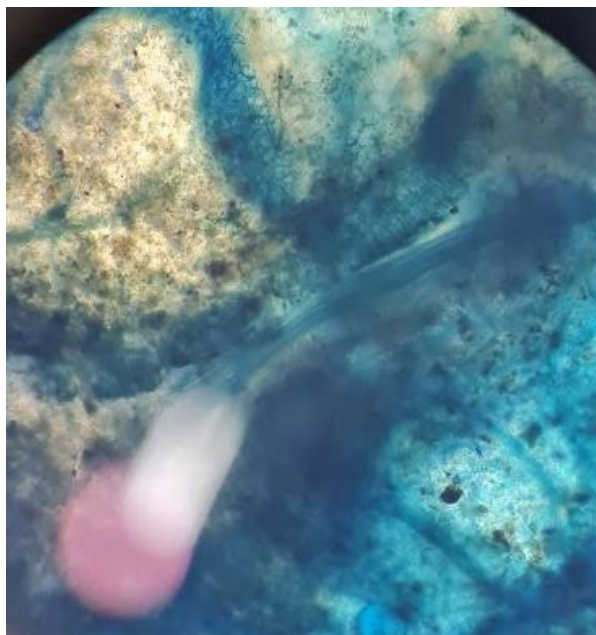
Figur 8. Spor och hyf liknande de hos Mykorrhizasvamp. Troligen Mucoromycotina. I bakgrunden syns nedbrutna cellväggar. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)

Tabell 2. *Achilea filipendulina* (Asteraceae) 5-årig bädd

Symptom	Diagnos
Sporangier fyllda med sporer	Zygomycota
Rund sporliknande struktur	Oomycota (Figur 9)
Sporer med pälsliknande struktur på ena sidan	Colletotrichum/Ascomycota, (Figur 10)



Figur 9. Rund sporliknande struktur. Diagnostiserad som Oomycota. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)



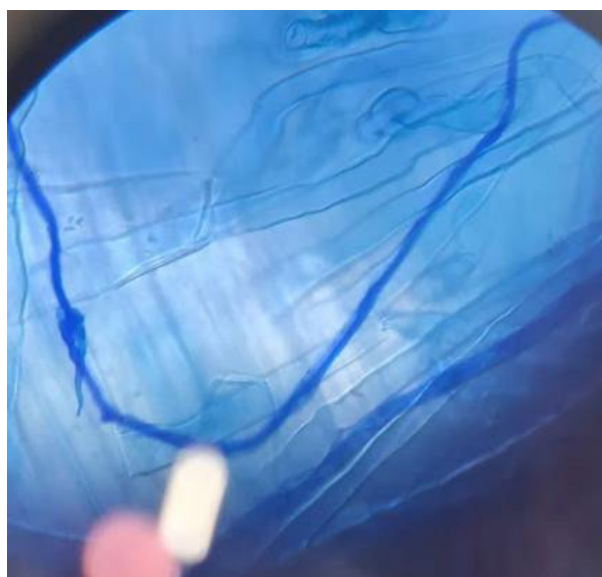
Figur 10. Mycket nedbrutet material. Svarta sporer. Diagnostiserad som *Colletotrichum/Ascomycota*. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)

### 3.2.3 *Allium senescens* (Alliaceae)

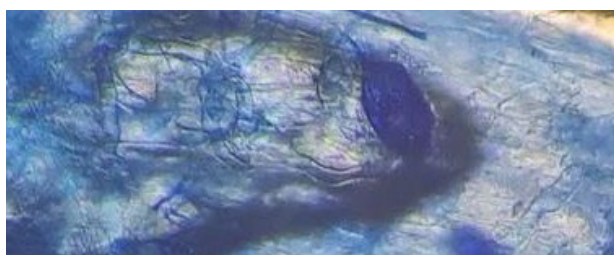
Infärgningen resulterade i något sönderkokta rötter.

Tabell 3. *Allium senescens* (Alliaceae) 2-årig bädd

Symptom	Diagnos
Vesikelliknande strukturer, ligger ojämnt.	Olpidium eller Mucormycotina
Septerade hyfer och zoosporer med svans.	Möjlig Oomycota
Vesikel och osepterade hyfer som infekterar cell med coils.	Möjlig Glomeromycet, (Figur 11, Figur 12)



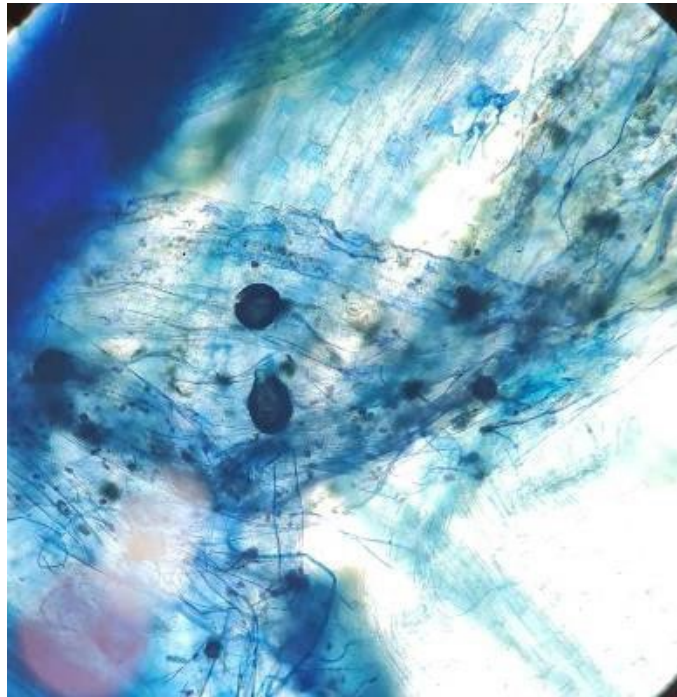
Figur 11 Osepterad hyf. Tillhör förmodligen Glomeromyceter. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)



Figur 12. Vesikel som är diagnostiserad tillhörande Glomeromycet. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)

Tabell 4. *Allium senescens* (Alliaceae) 5-årig bädd

Symptom	Diagnos
Mycket hyfer. Flertalet trådiga hyfer i nystan. I nystan sporer. Vissa av sporena är mykorrhizasvamp-liknande andra är svarta.	Mucoromycotina (Figur 13)
Celler med bubbelliknande struktur	Plasmodiphora (Figur 18)
Sporer	Zygomycota
Flertalet hyfer, vissa var septerade andra inte. Osepterade hyfer med tillhörande sporer med tjocka väggar. Flertalet osepterade hyfer går även in i cell och avslutas där i coilliknande struktur.	Möjlig Glomeromycet (Figur 14, Figur 15, Figur 16)



*Figur 13 Svarta sporer. Liknar Mykorrhizasvamp men är förmodligen Mucoromycotina. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)*

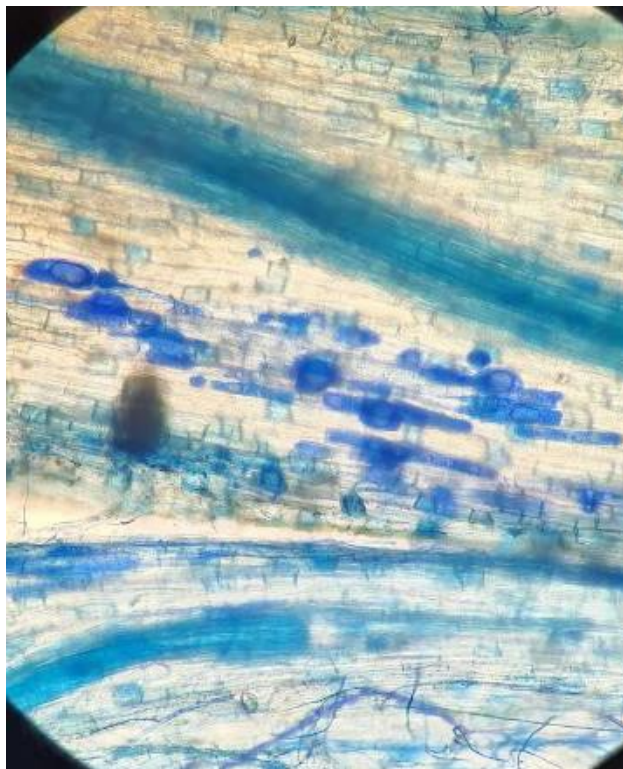


*Figur 14. Spor tillhörande förmodad Glomeromycet. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)*

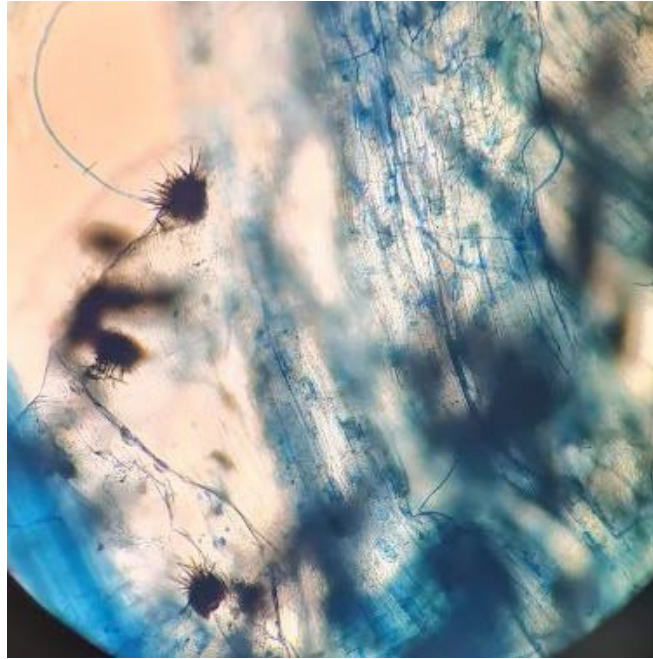




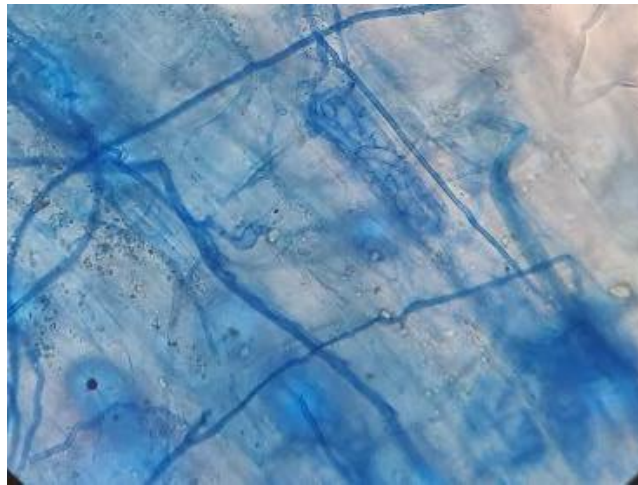
*Figur 15. Coil som förmodligen tillhör Glomeromyceter. Hyfen är osepterad. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)*



*Figur 16. Vesiklar som förmodligen tillhör Mykorrhizasvamp. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)*



*Figur 17. Sporer med pälsliknande struktur. Diagnostiserad som Colletotrichum  
Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)*



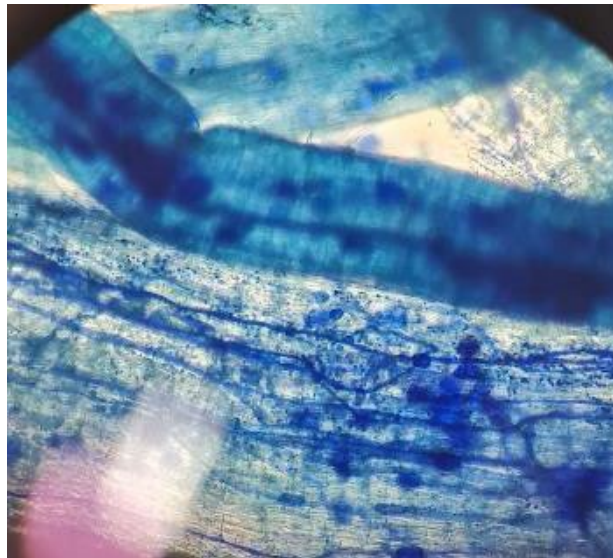
*Figur 18. Celler med bubbeliknande struktur. Diagnostiserad som plasmodiphora.  
Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)*



### 3.2.4 Baptisia australis (Fabaceae)

Tabell 5. *Baptisia australis* (Fabaceae) 2-årig bädd

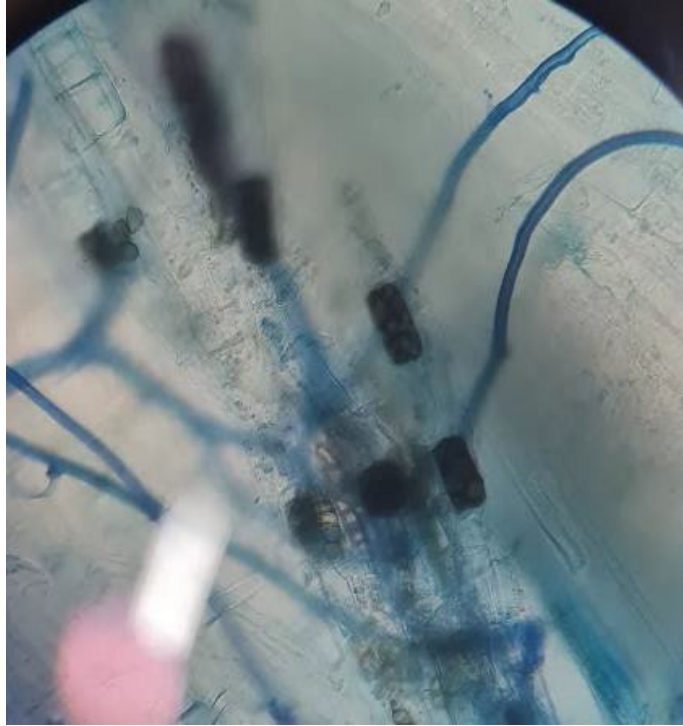
Symptom	Diagnos
Runda sporer med synlig mitt. Nyss utsläppa av synligt sporangium.	Oomycota
Cell med bubbelliknande struktur	Plasmodiphora (Figur 21)
Stellata sporer	Olpidium
Spor som är liknande de som hos Glomeromyceter. Hyf mycket glest septerad.	Möjlig Glomeromycet (Figur 19, Figur 20, Figur 22)
Stor brun struktur fylld med sporer och hyfer. Hyfer går in i i rot.	Mucoromycotina



Figur 19. Sporer som liknar strukturer som tillhör Glomeromycet. Mikroskopförstoring 40x. Diagnostiserad som Mykorrhiza. (Foto: Emma Tabell)



Figur 20. Förmodad mykorrhizaspor. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)



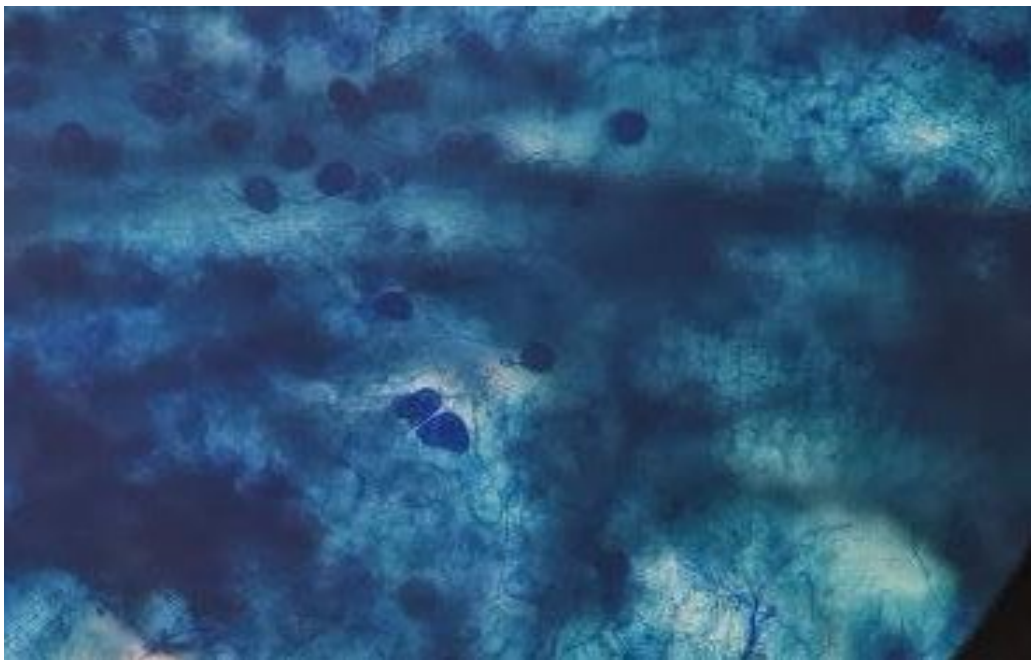
*Figur 21. Celler fyllda av bubbeliknande struktur. Diagnostiserad som Plasmodiphora. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)*



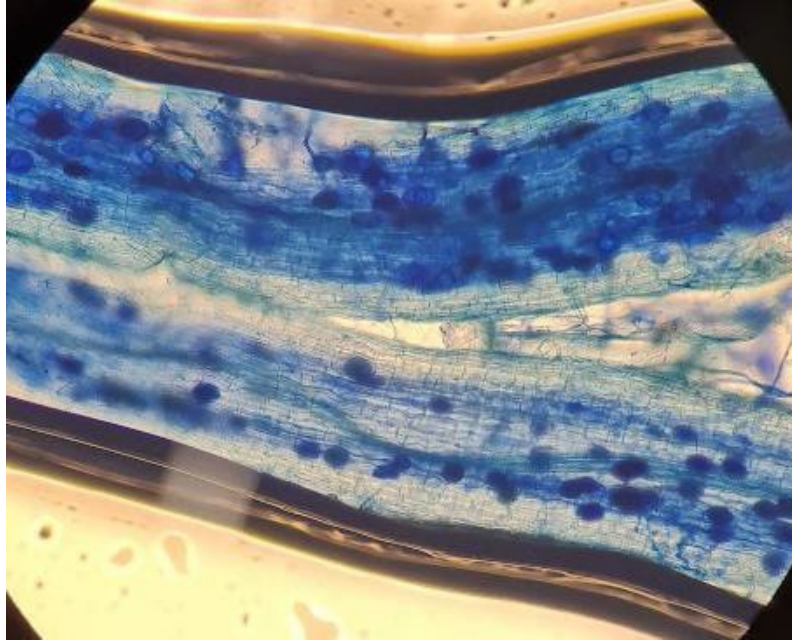
*Figur 22. Spor liknar de som tillhör Glomeromyceter. Hyfen är mycket glest septerad. Möjligen mykorrhiza. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)*

Tabell 6. *Baptisia australis* (Fabaceae) 5-årig bädd

Symptom	Diagnos
Ascisporangium	Ascomycota möjlig Physarium
Gula sporer. Vesikelliknande strukturer och sporangier med vägg. Gula sporer inuti hyfer	Möjlig Olpidium (Figur 23,24)



Figur 23. Vesikelliknande strukturer och sporangier med vägg. Mikroskopförstoring 40x.  
(Foto: Emma Tabell)



*Figur 24. Vesikelliknande strukturer. Möjlig ophioid. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)*

### 3.2.5 *Molinia caerulea* (Poaceae)

Tabell 7. *Molinia caerulea* (Poaceae) 2-årig bädd

Symptom	Diagnos
Mycket sporer. Tillhörande trassligt mycel. En del vesikelliknande strukturer	Olpidium
Fyllda celler med bubbelliknande struktur	Plasmodiophora,
Svarta sporer spridda över nedbrutet material. Stor spor.	Oomycota
Hyfer och vesikelliknande strukturer. Spor med tillhörande hyfer svampliknande stukturer.	Mucoromycotina (Figur 25)



Figur 25. Strukturer diagnostiserade som mucoromycotina. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)

Tabell 8. *Molinia caerulea* (Poaceae) 5-årig bädd

Symptom	Diagnos
Septerad hyf med innehållande sporer. Runda sporangier som ligger i rad.	Ascomycotina
Fyllda celler med bubbelliknande struktur. Vesikelliknande struktur.	Plasmodiophora Figur 26



*Figur 26. Fyllda celler. Strukturer tillhör förmodligen Plasmodiophora. Mikroskopförstoring 40x.  
(Foto: Emma Tabell)*



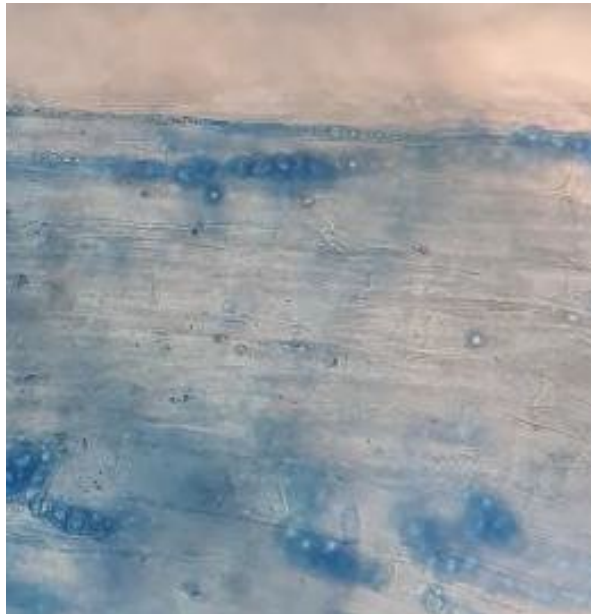
### 3.2.6 *Salvia* sp. (Lamiaceae)

Resultatet avspeglas enbart i 6 stycken mikroskopsglas eftersom provet var för litet.

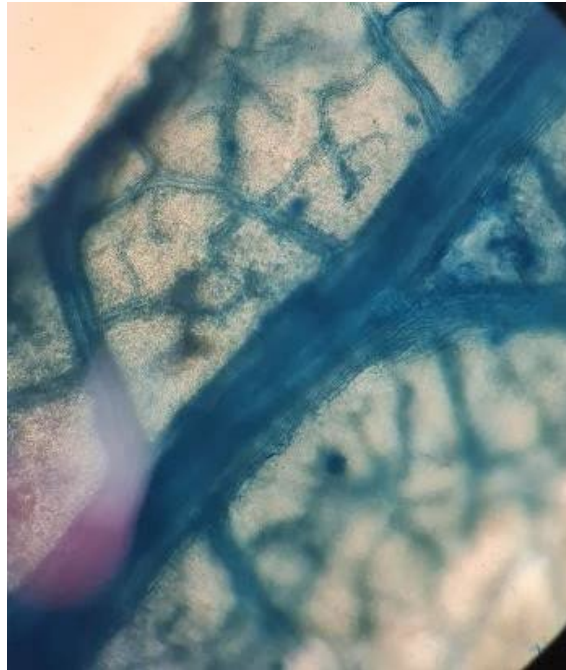
*Salvia pratensis* (Lamiaceae)

Tabell 9. *Salvia pratensis* (Lamiaceae) 2-årig bädd

Symptom	Diagnos
Celler med bubbelliknande strukturer. Bubbliknande hyfer.	Plasmodiphora, (Figur 27)
Sporangium med svarta sporer. Mycket svarta sporer runt omkring	Oomycota
Stor grenad hyf struktur	Mucoromycotina (Figur 28)



Figur 27. Bubbliknande strukturer. Diagnostiserad som *Plasmodiphora*. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)



Figur 28. Stor grenad hyf. Tillhör förmodligen Mucoromycotina. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)

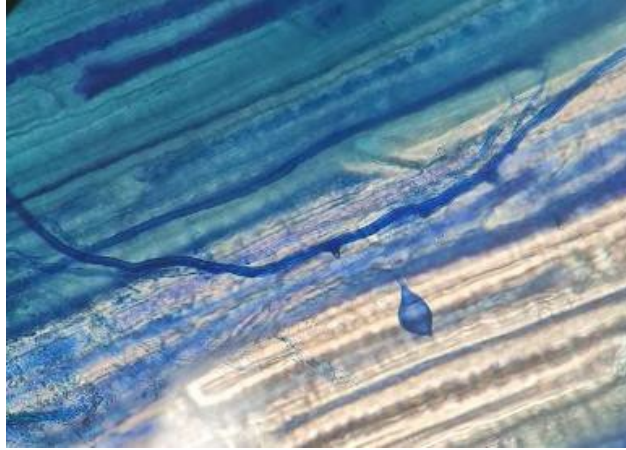
### *Salvia nemorosa* (Lamiaceae)

Tabell 10. *Salvia nemorosa* (Lamiaceae) 5-årig bädd

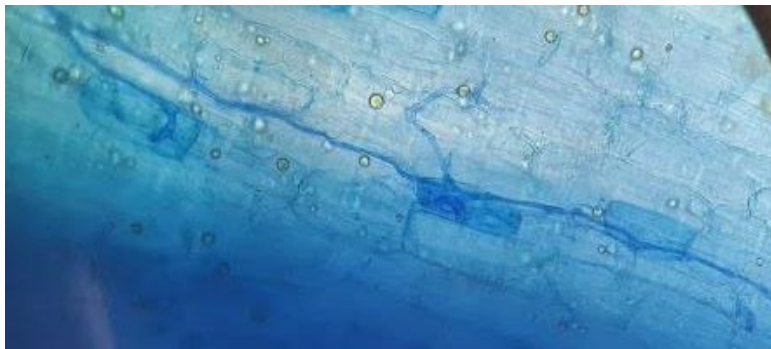
Symptom	Diagnos
Vesikel liknade struktur med rak hyf kunde ses. Hyfen är dock septerad. Vesikel med vägg och innehåller sporer.	Zygomycota
Många sporangier med stellat form. Svarta celler med bubbelliknande struktur.	<i>Oplidium</i> spp.
Sporer med pälsliknande struktur utanpå. I närheten finns mycket septerade hyfer och andra strukturer. Växtmaterial är nedbrutet på stället	<i>Colletotrichum</i> spp. / Ascomycota
Arbuskler och osepterade hyfer. Hyfer utan septering som penetrerar celler och bildar arbuskler. Vesiklar.	Förmodad Glomeromycet.(Figur 29, Figur 30, Figur 31)
Sporer Sporangier	Oomycota, Phytophthora spp, Pytium spp. (Figur 30)
Sporangium utan vägg, gula sporer	Möjligen Zygomycota,



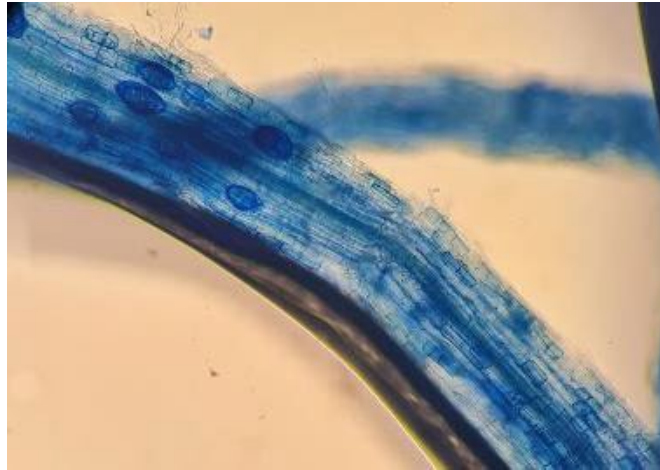
Även diagnos av *Alternaria* i rötterna hos *Salvia nemorosa* gjordes vid besök hos Farideh Ghadamgahi på institutionen för växtskyddsbiologi. Den arten tillhör Ascomycota.



Figur 29. Vesikel, osepterad hyf och arbuskler. Tillhör förmodligen *Glomeromycetes*. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)



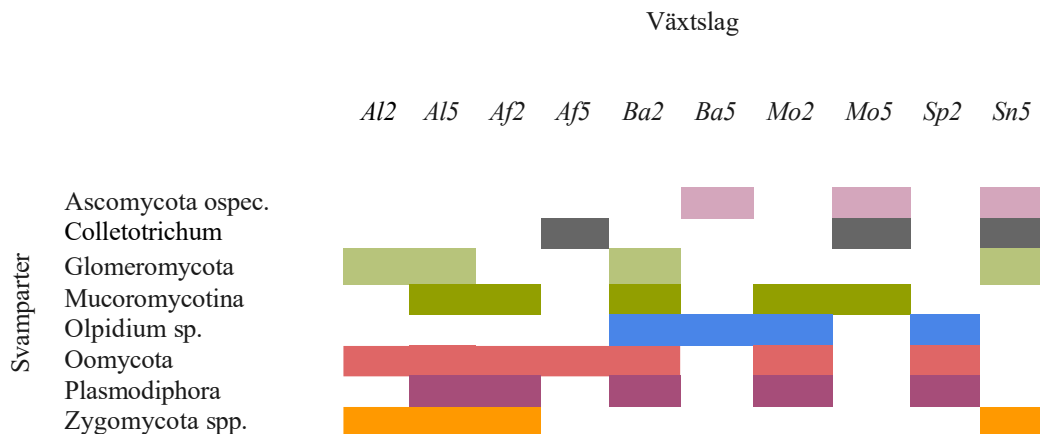
Figur 30. Tydliga arbuskler. Är mycket troligt Mykorrhiza. De gula sporererna är förmodligen svampsporer tillhörande *Zygomycota*. Mikroskopförstoring 40x. (Foto: Emma Tabell)



Figur 31. Vesikel liknande struktur. Diagnostiserad Glomeromyces. Mikroskopförstoring 40x.  
(Foto: Emma Tabell)

### 3.2.7 Spridningen av svamparter i växtslagen

I figuren nedan (Figur 32) visas spridningen av svampar i växtslagen i odlingen. Att både *Allium senescens*, *Baptisia australis* och *Salvia nemorosa* är koloniserade av Glomeromyceter visar en spridning vid tidpunkten för provtagning av mykorrhiza i odlingen. Det var även en bred spridning av Mucoromycotina.



Figur 32. Spridning i växtslagen av de olika svamparterna.

### 3.3 Rotsvampar i växtslagen

Flera av växtslagen påvisade enstaka vesiklar, osepterade hyfer som penetrerar celler, runda sporer med tjocka väggar och även någon karaktäristisk klamydospor med tillhörande osepterad hyf. Möjligtvis kan de strukturerna vara Glomeromyceter. Men eftersom inga tydliga arbuskler eller coils har setts i samma rot kan definitiv slutsats om mykorrhizakolonisering i dessa växtslag inte dras eftersom det finns andra svampar som har liknande strukturer.

#### 3.3.1 Glomeromyceter

Mykorrhiza i form av Glomeromyceter diagnostiserades i *Allium senescens*. Det var en högre mängd i bädden där *Allium senescens* hade varit etablerad i 5 år. I den 2-åriga bädden sågs endast ett fåtal karaktäristiska strukturer. Lökväxter har mycket korta och grova rötter och så hade även denna perenna allium då rotprover togs. Det påverkar lökväxtens förmåga att nå ut i bädden och inte heller kommer den att nå ned till markduken för att perforera den.

En del försök har gjort då forskare har utrett *Allium sativum* L och *Allium cepa* L. och där sett att då inokulering har gjorts i fält skedde en högre andel kolonisering av mykorrhizasvampar vid lökformation. De kunde även påvisa en ökad tillväxt och en ökad andel allium i löken vid lyckad inokulering (Borde *et al.* 2009., Sridevi & Ramakrishnan 2010).

I den 2-åriga bädden för *A. senescens* är fosfornivån 0 mg/liter och i den 5-åriga bädden är nivån 1 mg/liter. De nivåerna är inte tillräckliga för lökens utveckling för hela växtsäsongen.

Det är viktigt att komma ihåg att då rotprover togs i slutet av maj har tillväxtsäsongen bara påbörjats och att växten kommer att göra åt den lilla mängd fosfor som finns under säsongen för att fullfölja livscykeln. Eftersom strukturer som liknar mykorrhizasvamp sågs också i den 2-åriga bädden avsedd *Allium senescens* kan symbiosen påbörjats tidigt i etablering av växten.

*Salvia nemorosa* är också i symbios med förmodade Glomeromyceter. Det hittades även en del andra svamparter i rötterna såsom *Phytophthora* spp., *Pythium* spp. och *Alternaria* som tillhör släktet Ascomycota. Salvia såg mycket frisk ut och var i blomning vid dagen för provtagning. Blomning var något tidig för arten vilket kan bero på den välanpassade ståndorten för just denna art då den härstammar från prärien. Halten av fosfor är dock låg och ligger på 4 mg/liter i den 5-åriga bädden. Varför just *S. nemorosa* har en väletablerad symbios kan vara av olika anledningar. Koloniseringen kan tyda på att spridning av Glomeromyceter har börjat ske på odlingen.

Vidare fanns strukturer i form av sporer och vesiklar liknande Glomeromyceter i rötterna hos *Baptisia australis* i den 2-åriga bädden. Det har gjorts försök med just denna art och kolonisering av arbuskulär mykorrhiza. I ett försök såg forskarna att

inokulering förbättrade skörden medans gödsling gjorde att skörden påverkades negativt (Schneider *et al.* 2009).

*Baptisia australis* tillhör familjen Fabaceae som är i symbios med kvävefixerande bakterier vid god etablering. Dagen för provtagning sågs noder på rötterna som visar att en symbios med bakterierna pågår. Nodulerna var färre och mindre i den 2-åriga bädden än i den 5-åriga bädden. Kvävehalten i bädden är mycket låg och fosforhalten är 0 mg/liter. Det indikerar att *Baptisia australis* i 2-årig bädd är i etableringsfas och kan ha ett behov av symbioser.

### 3.3.2 Olpidium

*Olpidium*, tillhör klassen Olpidiomycetes, ordning Olpidiales (Dyntaxa u.å). Familjetillhörighet är Olpidiaceae och släktet heter *Olpidium*. Det finns fem arter av *Olpidium* och i Sverige är *Olpidium brassicae* den art som är beskriven som bofast.

*O. brassicae* infekterar rötter hos kålväxter (Money 2016). *Olpidium* formar vilsporor som har karaktäristisk stellet form (stjärnformade) med tjocka väggar (Hulse 2018). Vilosporerna utvecklas i ett senare skede till zoosporangier som vidare öppnas upp och sprider sporer ut i markvattnet. Infekteringen sker genom cystbildning i epidermis på rot eller på rothår. Zoosporerna kan även fungera som vektorer för andra typer av plantvirus (*Olpidium*, Sciencedirect 2002). *Olpidium* har strukturella likheter med Zygomycota som också har zoosporer.

### 3.3.3 Zygomycota

Zygomycota, är en mycket divers grupp av svampar (Naranjo-Ortiz & Gabaldón, 2019). De flesta arter är antingen saprotrofer, parasiter på amöbor eller på andra svampar. Vanligt grönmögel tillhör Zygomycota. Svamparna kan även agera i symbios med växt (Naranjo-Ortiz & Gabaldón, 2019).

Det är tyvärr mycket svårt att avgöra vilka arter som infekterar i rotproverna. Det eftersom klassningen av Zygomycota är omdiskuterad och svår att sortera i.

### 3.3.4 Oomycota

Oomycota tillhör riket Chromista (Dyntaxa u.å) till skillnad från de andra beskrivna släktena som tillhör riket Fungi. Oomycota tillhör stammen Gyrista med överstam Heterokonta. Understam är Pseudofungi (äggsporsvampar). Klassen är Oomycota, *incertae sedis*, vilket betyder att placeringen är omdiskuterad. Ordningen är Oomycota. Information om underliggande taxa saknas i Dyntaxa. I Catalogue of life står oomycota som Phylum med 136 släkten och 1674 arter.

I odling är olika arter av algsvampar såsom *Pythium* och *Phytophthora infestans* (potatisbladmögel) mycket omdiskuterade eftersom spridningen är svår att hindra

och kan orsaka skada på flera olika växtslag. Såväl perenna örter som vedartade växter kan bli drabbade (Pettersson & Åkesson 2011).

### 3.3.5 Ascomycota

Sporer med pälsliknande struktur hittades i *Achillea filipendulina* och *Salvia nemorosa* och tillhör förmodligen Ascomycota (sporsäcksvampar). Diagnostisering har gjorts till ordningen Glomerellales och familjetillhörighet är Glomerellaceae (Dyntaxa u.å.). Släktet är troligen *Colletotrichum*. 16 arter har beskrivits som påträffade i Sverige.

I detta släkte finns ett flertal olika växtpatogener såsom exempelvis *Colletotrichum coccodes* (svartpricksjuka) och bitterröta; *Colletotrichum gloeosporioides s.lat.* (Dyntaxa u.å.). Närmare diagnostisering är svår att göra.

Något nedbrutet material kunde ses där dessa strukturer fanns. Andra strukturer kunde också ses såsom svampmycel utanpå rot och hyfer inne i cellerna vilka hade disintegrerat delar av cellväggen hos växten.

Möjligen kan det vara denna sporsäcksvamp som står för det trådiga mycelet och mycelet som luktade starkt utanpå rötterna på provtagningsdagen. Det har i det fallet påverkar nedbrytning av materialet såväl i bädden som på den levande växten och i rotprovet även då det låg i alkohol. Arten kan därför klassas som nekrotrof då den infekterar levande växtmaterial och bryter ned det för sin metabolism. Dock är den förmodligen obligat på Achilean just i denna bädd och kommer förmodligen inte spridas markant i odlingen.

*Cadophora* spp. (Mjöldagg) som är ett släkte inom Ascomycota bildar bubbelliknande strukturer i rotceller (Das & Kayang 2010). Därför blir diagnostisering komplex och kan ha misstagits för Plasmodiphora.

### 3.3.6 Plasmodiphora

Plasmodiphora ligger i riket Chromista (Dyntaxa u.å.). Stammen heter Endomyxa. Ordning är Plasmodiophorales. Familjetillhörighet är Plasmodiophoraceae som innehåller sju släkten av olika gallbildande arter varav endast fem är beskrivna som bofasta i Sverige. Några av dessa är akvatiska arter men det finns arter som är patogen på växter. *Sorosphaera veronica* orsakar galler på växter (Liu *et al.* 2020). *Spongospora subterranea* (pulverskorv) orsakar pulverskorv på potatis. Mikroskopbilder på pulverskorv som går att finna vid sökning liknar de celler med bubblor som fanns i rötterna.

Plasmodiphora har även hittats i fältförsök på Gurkväxter (Hulse 2018) och släktet behöver därför inte vara obligat på specifika växtslag utan kan infektera flera olika arter av växter. Plasmodiphora kan även vara vektor för olika andra sorters virus (Hulse 2018).

### 3.3.7 Mucoromycotina

*Mucoromycotina* spp. tillhör ordningen endogonales och familjen endogonaceae (Dyntaxa u.å). Det finns två arter som är beskrivna som funna i Sverige. Släktet heter Endogone (blåstryfflar) och arterna heter *E. flammicorona* och *E. pisiformis*.

Mucoromycotina har påvisats vara mutualistisk i symbios med vaskulära växtarter (Hoysted *et al.* 2019). Där svampen förses med kol och växten får i gengäld utökad tillgång till kväve och fosfor i upptagbar form I försök av Hoysted *et al.* (2019) var kväve det näringsämne som Mucoromycotina gjorde mest tillgängligt. Fosfor upptogs av växten med hjälp av svampen men i mindre mängd.

*Achilea filipendulina* i den 2-åriga bädden, *Baptisia australis* i 2-årig bädd och *Molinia caerulea* i båda bäddar är diagnostiserade med Mucoromycotina. Det indikerar att dessa växtslag får stöd med kväveupptag och kan i detta fall troligen förklara den goda tillväxtetableringen.

Det är flera olika sorters svampar i rötterna hos alla de valda växtslagen. Detta är vanligt då rotprover tas på friland (Caspersen 2022). Mikroskopstudier i detta fall blir komplicerade och det krävs tid och förståelse för hur svampstrukturer ser ut för att kunna diagnostisera likheter och skillnader.

För att vara säker i diagnostisering och artbestämning och därmed kunna utröna vilka som är patogener och vilka som kan ha positiv inverkan behövs molekylära metoder med DNA testning utföras. De metoderna uteslöts i det här arbetet på grund av brist på tid.

## 3.4 Tillgång till näring

Resultaten från Spurwayanalysen visade på en hög nivå av kalcium vilket avspeglas i pH-värden 8,5–8,7 där de högre värdena avsågs de äldre bäddarna. Ledningstalet (Lt) är lågt och ligger på 0,53. I diagrammet nedan (Figur 4) illustreras variationerna i tillgänglig näring.

I tabellen på nästa sida (Tabell 11) illustreras den tillgängliga näringen i mg/liter sand. Det var litet näring tillgängligt med små variationer.

Den tillgängliga fosfor är mycket låg i alla bäddar och i sandbädden där *Baptisia australis* har varit etablerad i 2 år är halten 0 mg/l. Även i bädden med *Allium senescens* är fosforhalten mycket låg.

Kaliumhalten i bädden där *Achilea filipendulina* har varit etablerad i 5 år är högre än alla de andra bäddarna. I odlingsbäddarna där *Molinia caerulea* var etablerad är halten av ammoniumkväve mycket låg. Halten av fosfor i bäddarna där *M. caerulea* växer är i det närmsta obefintlig.

Tabell 11. Tillgängliga näringen i sandbäddarna (mg/liter sand)

	<b>Achilea 2</b>	<b>Achilea 5</b>	<b>Allium 2</b>	<b>Allium 5</b>	<b>Baptisia 2</b>	<b>Baptisia 5</b>	<b>Molinia 2</b>	<b>Molinia 5</b>	<b>Salvia 2</b>	<b>Salvia 5</b>
<b>Nitrat-N</b>	8	3	1	2	1	2	2	3	2	3
<b>Ammonium-N</b>	4	2	2	2	2	2	1	1	2	2
<b>Fosfor</b>	2	3	0	1	0	1	0	1	2	4
<b>Kalium</b>	19	41	10	10	10	17	11	11	17	32
<b>Magnesium</b>	26	28	22	21	22	20	20	21	27	42
<b>Kalcium</b>	2300	2200	2500	2400	2500	2400	2400	2500	2400	2300
<b>Mangan</b>	3,4	3	5,2	4	3,8	3,7	4,1	3,6	3,3	2,9
<b>Bor</b>	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
<b>Järn</b>	0,066	0,074	0,14	0,079	0,17	0,059	0,18	0,1	0,054	0,087
<b>Svavel</b>	4	4	3	3	2	2	3	3	2	3

I den här tabellen visas den tillgängliga näringen i bäddarna. Det är mycket litet näring tillgänglig och fosforhalten 0 mg/liter i flera av bäddarna, exempelvis i Allium 2 och Baptisia 2. Kalium och kalciumhalten är hög.

## 4. Diskussion och slutsats

Det sker mycket markstörning på odlingen då växterna grävs upp och förs bort. Även en del ogräsrensning görs vilket leder till störning av marks substratet. Det är faktorer som kan leda till att mykorrhizasvampar har svårt att etablera sig då hyferna kräver en tillgänglig växt för att kolonisering ska kunna ske.

I vissa av bäddarna täcks marken av tre lager markduk. Mykorrhizahyfer är i storleken 20–80  $\mu\text{m}$  (Hodge 2014) vilket är mindre än perforeringen i markduken. Troligtvis kan hyferna därför växa igenom markduken.

Vid provtagning av *Baptisia australis* var det svårt att gräva upp rötterna och det kändes och såg ut som att den var mer djuprotad än markduken tillät. Växtens rötter har förmodligen växt igenom markduken. Det kan ha bidragit till den höga plantkvaliteten då *B. australis* föredrar ståndorten sandig lerjord (Hansson 2017).

Vid provtagning togs rotprovet genom att dra ut finrötter försiktigt ur sanden. Det är möjligt att de rötter som är etablerade under markduk är koloniserade av arbuskulär mykorrhiza och på så sätt bidrar till den höga kvaliteten hos växten. Vid provtagning fanns det indikationer på att växternas rötter kan ha vuxit igenom markduken i flera av bäddarna på odlingen.

### 4.1 Odlingen

Lokalen för sandupptag kan variera och enligt Hans Olsson på Brösarps grus (2022) och torrbruk tas sand antingen ovan jord eller från sjöbottnar. Det är att föredra att sanden tas från sjöbotten (Korn 2022) eftersom sanden då är ren från ogräsfrö. Sporer som tillhör mykorrhizasvampar kan finnas i sanden då sanden är hämtad ovan jord. Dock är det troligt att om det funnits mycket vilosporer i sanden hade det skett en större spridning än den spridning som sågs i mikroskopstudierna.

Det växer en del åkerfräken (*Equisetum arvense* L.) på odlingen. Åkerfräken har 50–75 cm krypande jordstammar som sprider sig med rotknölar. Ogräsrådgivaren SLU (u.å.). Åkerfräken konkurrerar väl i öppna miljöer vid vägkanter, banvallar, skräp och ruderatmarker och stränder. Den utvecklas bäst på fuktiga och näringsfattiga marker och kan därför konkurrera väl på odlingen och ha spridit sig vidare genom sporer eller rotskott. Troligast är att den kommit som sporer med en leverans av sand (Korn 2022.) Med åkerfräken på odlingen har denna troligen växt



igenom den täckande markduken och kan på så sätt ha spridit sig ytterligare i odlingen.

*Equisetum arvense* L. är en art som vanligtvis koloniserar av arbuskulär mykorrhiza (Koske *et al.* 1985) och mykorrhiza kan på så sätt spridas via rotskotten på odlingen. Hål i markduk kan därför vara positivt för mykorrhizakolonisering. Trasig markduk kan även ha bidragit till att tillväxt och plantkvalitet är så hög då rötterna når underliggande lerjord vilken är mer näringsrik och har ett större biologiskt mikroliv.

Sanden som är noga utvald kan ha positiv inverkan på tillväxten och den goda plantkvaliteten som sågs i odlingen. Sanden kan påverka den vattenhållande kapaciteten positivt och därmed förse växterna med en god vattentillförsel under en längre period (Raviv *et al.* 2019). Det vattenhållande kapaciteten kan också påverka och påskynda vittringsprocessen och nedbrytningen av organiskt material vilket bidrar till tillgänglig näring för växterna på platsen (Eriksson *et al.* 2011).

## 4.2 Näring i bäddarna

Variationen av näringen som kan ses i Tabell 11 och fanns tillgänglig för vart och ett av växtslagen beror troligen på hur mycket växterna använder då det kan variera mellan arter och beror på växtens biomassa.

Växterna påvisar inte några symptom av näringsbrister även då den tillgängliga fosfor i bäddarna inte är fullgod för växternas utveckling. Den låga fosforinivån beror förmodligen på det höga pH-värdet samt den låga halten av organiskt material.

Den tillgängliga näringen i de äldre bäddarna kan härledas till den högre mängden frilagt organiskt material som är under nedbrytning i sanden (Yost & Hartemink 2019). Det är dock minimala skillnader och kan även bero på att sanden i de 2-åriga bäddarna kommer från en annan lokal än leveransen av sand som skedde för 5 år sedan.

I sandbäddarna på Klinta är pH-värdet 8,5 vilket kan härledas till den stora mängden kalcium i sanden. Då pH-värdet är högt medför det att växterna kan utsättas för fosforbrist på odlingen (Barrow 2017).

*Achilea filipendulina* uppvisade dagen för provtagning en fin tillväxt och såg mycket frisk ut. Dock var rötterna täckta med synligt vitt mycel som luktade stark av svamp. Eventuellt påverkar svampen nedbrytning av organiskt material och vittring av sanden eftersom Spurwayanalysen taget i samma bädd påvisade en något högre andel tillgänglig kalium och magnesium. Det kan även bero på att *A. filipendulina* har ett mindre behov av kalium och magnesium än de andra växtslagen.

## 4.3 Slutsatser

Sporulering av Glomeromyceter kan påverkas negativt av markstörning (Alguacil *et al.* 2008). Trots att mycket markstörning sker på Klinta då växterna grävs upp och då ogräsrensning utförs diagnostiserades arbuskulär mykorrhiza i mikroskopstudien.

Glomeromyceter diagnostiserades i *Allium* 5-årig bädd och i *Allium* 2-årig bädd. Där sågs coils, en klamydospor och även sporer tillhörande Glomeromyceter. Det var mer coils i *Allium senescens* som var etablerad i den 5-åriga bädden och endast enstaka coils sågs i *Allium senescens* 2-årig bädd.

Också *Salvia nemorosa* i den 5-åriga bädden diagnostiserades med arbuskulär mykorrhiza i form av arbuskler och sporer. I *Baptisia australis* 2-årig bädd hittades inga arbuskler eller coils men sporer och vesiklar sågs. De resultaten föreslår en spridning av mykorrhiza på odlingen.

I *Baptisia australis* 5-årig bädd har växtens rötter förmodligen vuxit igenom markduken och når därför underliggande näringsrik lerjord. Det är möjligt att den är koloniserad av mykorrhiza under markduken och det påverkar förmodligen plantkvaliteten positivt.

Sporer som tillhör mykorrhizasvampar kan finnas i sanden då sanden är hämtad ovan jord. Dock är det troligt att en större spridning av mykorrhiza hade setts i studierna om så varit fallet.

Åkerfräken växer på odlingen. Det är en växtart som vanligen koloniserar av mykorrhiza. Rötter som tillhör åkerfräken har troligen perforerat den täckande markduken och på så sätt kan Glomeromyceter spridits ut i odlingen. Trasig markduk kan även ha bidragit till att tillväxt och plantkvaliteten är god eftersom växterna får en bättre tillgång till näring från den underliggande lerjorden.

Sanden som används på Klinta kan troligen ha positiv inverkan på tillväxten och den goda plantkvaliteten som sågs i odlingen eftersom sanden kan påverka den vattenhållande kapaciteten positivt (Raviv *et al.* 2019). Den goda vattentillgången kan påskynda vittringsprocessen och nedbrytningen av organiskt material vilket bidrar till tillgänglig näring för växterna (Eriksson *et al.* 2011).

Sand är naturligt näringsfattig och växterna var i början av tillväxtsången vid provtagning vilket är faktorer som påverkar näringen i bäddarna. Fosfor och kvävenivåerna var dagen för provtagning mycket låga och pH-värdet var högt vilket kan härledas till att sanden är kalkhaltig. Det var små skillnader i näring emellan de 5-åriga bäddarna och de 2-åriga bäddarna oavsett växtslag. Förmodligen ligger fosfor fastlagt på grund av den höga kalkhalten. Det är dock svårt att säga om

mykorrhiza spridningen har något samband med den tillgängliga näringen i bäddarna.

Mykorrhiza är mycket viktig i bildandet av ekosystem (Greipsson & El-Mayas 2000). Oavsett om etablering sker i naturlig succession eller i en sekundär succession som exempelvis i en odling eller i regenerering av naturmarker.

Gaur & Adholeya (2005) skriver att genom att studera mykorrhiza blir potentialen större att hitta möjligheter att på ett ekologiskt hållbart sätt förbättra produktionen och kvaliteten av prydnadsväxter och då speciellt där halten av näringsämnen är låg.

Det är dock viktigt att komma ihåg att sand vittrar mycket långsamt och att fastläggning av näringsämnen kan ske då kalciumnivåerna är höga. Om tillsättning av någon form av näring inte görs kan näringsnivån bli för låg för växternas utveckling och kvalitet.

Vid konsultation om mykorrhiza i odling och speciellt då det förväntas att pengar kan sparas på gödsling så behöver försiktighet tas. En inokulering kan inte ses som enda lösning för regeneration av störningsmarker eller istället för gödsling i odling. Det bör göras med försiktighet och på avgränsade områden på försök innan beslut tas.

Växtslagen som odlas på Klinta är valda för ståndorten soligt och torrt. Det gör att alla växtslag som togs för provtagning är välanpassade för att kunna konkurrera väl i denna typ av biotop. Växterna är också skyddade underifrån av markduken vilket gör att ståndorten blir än mer varm och att bäddarna torkar ut långsammare då det regnar. Markduken förmodas påverka att den näring som trots allt blir tillgänglig över tid inte rinner bort i den hastighet som skulle skett utan markduk. Även det höga pH-värdet påverkar förmodligen katjonsutbyteskapaciteten positivt vilket gör näring tillgängligt för växterna (Eriksson *et al.* 2011).

För att fullkomligt förstå vad det är som sker i sandbäddarna behöver det tas flera rotprover och då gärna under alla årets säsonger. På så sätt skulle det kunna utrönas när och om det sker en mykorrhizakolonisering. Det skulle även behöva tas fler jordprover, föredraget vid alla provtagningar då insamling av rötter görs. Då hade det även varit av intresse att ta prov på fastlagd näring och se hur mineralisering fortgår. För att kunna utröna exakt vilka svamparter som finns i rötterna behöver molekylära metoder tillämpas.

## Referenser

- Ahanger, M., Abass, H., Fathi Abd Allah, E., Ahmad, P. (2014). Arbuscular Mycorrhiza in crop improvement under environmental stress. Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance. *Academic press*.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800875-1.00003-X>.
- Alguacil, M., Lumini, E., Roldán, A., Salinas-García, J., Bonfante, P., Bianciotto, V. (2008). The impact of tillage practices on arbuscular mycorrhizal fungal diversity in subtropical crops. *Ecol Appl*, 18, 527-36.
- Banfield, J., Barker, W., Welch, S., Taunton, A. (1999). Biological impact on mineral dissolution: Application of the lichen model to understanding mineral weathering in the rhizosphere. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96, 3404-3411. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.7.3404>
- Barrow, N. (2017). The effects of pH on phosphate uptake from the soil. *Plant and Soil*, 410(1/2), 401–410. <http://www.jstor.org/stable/44245097>
- Borde, M., Dudhane, M., Jite, P. (2009). Role of bioinoculant (AM Fungi) increasing in growth, flavor content and yield in *Allium sativum* L. under field condition. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2), 124–128.  
<https://doi.org/10.15835/nbha3723289>
- Bösarps Grus och torrbruk (2022) Conversation with Hans Olsson.
- Caspersen, S. (2022). Conversation with Siri Caspersen, Supervisor.
- Das, P., Kayang, H. (2010). Association of dark septate endophytes and arbuscular mycorrhizal fungi in potato under field conditions in the northeast region of India. *Mycology*. 1. 171-178. DOI: 10.1080/21501203.2010.517787.
- Davies Jr, F., Geneve, R., Wilson, S. (2018). Hartmann and Kester's *Plant propagation Principles and practices*, United states of America, Pearson Education, Inc.
- Drew, A. (2002). *External AM hyphae : their growth and function in media of varying pore size*. Thesis (Ph.D.)--University of Adelaide, Dept. of Soil and Water, 2002.  
<https://digital.library.adelaide.edu.au/dspace/handle/2440/21839>
- Dyntaxa (u.å) *Glomeromycota*. Tillgänglig:  
<https://www.dyntaxa.se/?search=Glomeromycota> [2022-12-02]
- Dyntaxa (u.å) *Glomerellaceae* Tillgänglig:  
<https://www.dyntaxa.se/Taxon/Info/2003824?changeRoot=True>  
[2022-12-02]
- Dyntaxa (u.å) *Mucoromycotina* Tillgänglig:  
<https://www.dyntaxa.se/Taxon/Info/6001019?changeRoot=True>  
[2022-12-02]

- Dyntaxa (u.å) *Olpidium*. Tillgänglig:  
<https://www.dyntaxa.se/Taxon/Info/6001002?changeRoot=True> [2022-12-02]
- Dyntaxa (u.å) *Oomycota* Tillgänglig:  
<https://www.dyntaxa.se/Taxon/Info/5000038?changeRoot=True>  
 [2022-12-02]
- Dyntaxa (u.å) *Plasmodiophora* Tillgänglig: <https://www.dyntaxa.se/Taxon/Info/6008584>  
 [2022-12-02]
- Egerton-Warburton, L., Johnson, N., Allen, E. (2007). Mycorrhizal community dynamics following nitrogen fertilization: a cross-site test in five grasslands. *Ecological Monographs*, 77, 527-544.  
<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/06-1772.1>
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I., Simonsson, M. (2011). *Marklära*, Lund, Studentlitteratur AB.
- Evert, R., Eichorn, S. (2013). *Raven Biology of plants*, New York, W.H Freeman and company.
- Fogelfors, H. (2015). *Vår Mat*, Studentlitteratur AB. Lund
- FOR. Fritidsodlingens riksorganisation. (2018) *Vad anger ledningstalet?* Tillgänglig:  
<https://for.se/fragor-och-svar/vad-anger-ledningstalet/>[23-08-22]
- Fridriksson, S. (1987). Plant Colonization of a volcanic Island, Surtsey, Iceland. *Arctic and Alpine Research*, 19, 425-431.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00040851.1987.12002623>
- Gaur, A., Adholeya, A. (2005). Diverse response of five ornamental plant species to mixed indigenous and single isolate arbuscular-mycorrhizal inocula in marginal soil amended with organic matter. *Journal of Plant Nutrition*, 28, 707-723. DOI: 10.1081/PLN-200052647.
- Hodge, A. (2014) Interactions Between Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Organic Material Substrates, *Advances in Applied Microbiology*. Academic Press, 89, 47-99, 9780128002599, DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800259-9.00002-0>.
- Gianinazzi-Pearson, V., Dumas-Gaudot, E., Gollotte, A., Tahiri-Alaoui, A., Gianinazzi, S. (1996). Cellular and molecular defence-related root responses to invasion by arbuscular mycorrhizal fungi. *The New Phytologist*, 133, 45-57.
- Greipsson, S., El-Mayas, H. (2000). Arbuscular Mycorrhizae of *Leymus arenarius* on coastal sands and reclamation sites in Iceland and response to inoculation. *Restoration Ecology*, 8, 144-150.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1526-100x.2000.80021.x>
- Guadarrama, P., Álvarez-Sánchez, F. (1999). Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different environments in a tropical rain forest, Veracruz, Mexico. *Mycorrhiza*, 8, 267-270. DOI: 10.1007/s005720050244.
- Hansson, M. (2017). *Perenner Inspiration skötsel lexikon*, Babel förlag.
- Hansson, M. (2019). *Lökar & Knölar Inspiration skötsel lexikon*, Babel förlag.
- Hart, M., Reader, R. (2004). Do arbuscular mycorrhizal fungi recover from disturbance differently? *Trop. Ecol.* 45.

- Hoysted, G., Jacob, A., Kowal, J., Gieseemann, P., Bidartondo, M., Duckett, J., Gebauer, G Rimington., Schornack, W., Pressel, S., Field, K. (2019) Mucoromycotina Fine Root Endophyte Fungi Form Nutritional Mutualisms with Vascular Plants. *Plant Physiol.* 181.2. 565 <https://doi.org/10.1104/pp.19.00729>
- Hulse, J. (2018). First report of plasmodiphoric slimemolds and Olpidium species in a member of curcubitaceae. *Acta scientific agriculture* ,2,6.
- Kawahara, A., An, GH., Miyakawa, S., Sonoda, J., Ezawa, T. (2016) Nestedness in Arbuscular mycorrhizal fungal communities along soil pH gradients in early primary succession: Acid-tolerant Fungi Are pH Generalists. *PLOS ONE* 11(10)[2022-11-25]
- Klaminder, J., Fitter, M., Bishop, K., Köhler, S., Egnell, G., Laudon, H. (2011). Silicate mineral weathering rate estimates: Are they precise enough to be useful when predicting the recovery of nutrient pools after harvesting? *Forest Ecology and Management*, 261, 1-9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112710005827>
- Klinta trädgård. (2017) Tillgänglig: <https://www.klintatradgard.se/> [2022-04-04].
- Koide, R., Mosse, B. (2004). A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza*, 14, 145-163. DOI: 10.1007/s00572-004-0307-4. <https://doi.org/10.1007/s00572-004-0307-4>
- Koltai, H. (2010) Mycorrhiza in floriculture: difficulties and opportunities. *Symbiosis* 2010. 52, 2.55-63. <https://doi.org/10.1007/s13199-010-0090-2>
- Korn, P. 2022. Muntlig kommunikation. RE: Klinta trädgård.
- Koske, R., Polson, W. (1984). Are VA mycorrhizae required for sand dune stabilization? *BioScience*, 34, 420–424. <http://www.jstor.org/stable/1309630>
- Koske, R., Friese, C., Olexia, P., Hauke, R. (1985) Vesicular-arbuscular mycorrhizas in Equisetum. *Transactions of the British Mycological Society* 1985. 85 : 2. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007153685802023>
- Linderman, R., Davis, E. (2003). Soil amendment with different peatmosses affects mycorrhizae of onion. *HortTechnology*, 13, 285–289. DOI: 10.21273/HORTTECH.13.2.0285
- Lindström, C. (2021). Provnig av ballastmaterial. Dalalad: RISE Research institutes of Sweden AB Infrastruktur och betongbyggande- Materialdesign.
- Liu, L., Qin, L., Zhou, Z., Hendriks, W., Liu, S., Wei, Y. (2020) Refining the Life Cycle of Plasmodiophora brassicae. *Phytopathology*® 2020 Vol. 110 Issue 10 Pages 1704-1712. DOI: 10.1094/PHYTO-02-20-0029-R.
- LMI (u.å). LMI Jordnära exporter. *Jordanalyser*. Tillgänglig: <https://www.lmiab.com/jordanalys/>
- Makarov, M. (2019) The role of mycorrhiza in transformation of nitrogen compounds. *Eurasian Soil Science* .in Soil and Nitrogen Nutrition of Plants: A Review. Vol. 52, No. 2, pp. 193–205.
- Miller, R., Jastrow, J. (2000). Mycorrhizal fungi influence soil structure. Kluwer Academic Publishers. 10.1007/978-94-017-0776-3\_1.

- Money, N., Watkinson, C., Boddy, L (2016) The fungi Money Kapitel 1. *Fungal Diversity. Evolutionary origins of the fungi and their relationships to other eukaryotes.*
- Naranjo-Ortiz, M., Gabaldón, T. (2019), Fungal evolution: diversity, taxonomy and phylogeny of the Fungi. *Biol Rev*, 94: 2101–2137.  
<https://doi.org/10.1111/brv.12550>
- NE.se Uppslagsverket. (2023). Obligat. Tillgänglig:  
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/obligat>
- Ogräsrådgivaren SLU (u.å.) Åkerfräken. Tillgänglig:  
<https://ograsradgivaren.slu.se/arter/index.cfm?showOgras=211> [2022-06-28]
- Olpidium, Sciencedirect (2022) Tillgänglig:  
<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/olpidium> [2022-11-28]
- Olsson, P., Wilhelmsson, P. (2000). The growth of external AM fungal mycelium in sand dunes and in experimental systems. *Plant and Soil*, 226, 161.  
<https://doi.org/10.1023/A:1026565314345>
- Pagano, M. (2012). *Mycorrhiza occurrence & role in natural & restored environments*, Nova Science Publishers Inc. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/slub-ebooks/detail.action?docID=3022007>
- Perenner.se (2022). *Molinia caerulea* Tillgänglig: <https://perenner.se/vaxt/molinia-caerulea-moorhexe-blatatel/>
- Pettersson, ML., Åkesson, I. (2011) *Trädgårdens växtskydd*. Natur & Kultur. Stockholm
- Poorter, H (1989) Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants Interspecific variation in relative growth rate: On ecological causes and physiological consequences.
- Porse, S (u.å). *Arbuscular mycorrhiza*. [Bild]. Tillgänglig: "File:Arbuscular mycorrhiza cross-section-da.png" by is licensed under CC BY-SA 4.0. [2023-08-21]
- Raviv, M., Bart-Tal, A. (2019). *Soilless culture Theory and practice*, United Kingdom, United States, Elsevier B.V.
- Schneider, C., Hutter, I., Tegtmeier, M. (2009) Optimization of field cultivation of *Baptisia tinctoria* (L.) R. Br. by fertilizer, mulch and mycorrhiza treatments. *Planta medica*. 75. DOI: 10.1055/s-0029-1234461
- Sridevi, S., Karunakaran, R. (2010) Effects of combined inoculation of AM Fungi and *Azospirillum* on the Growth and Yield of Onion (*Allium cepa* L.). *The Journal of Phytology*. Volume:2, pages: 88-90
- Siqueira, J., Saggin-Junior, OJ., Flores-Aylas, W., Guimarães, P. (1998). Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. *Mycorrhiza*, 7, 293-300.
- Smith, F., Smith, S. (1997). Tansley review no. 96 structural diversity in (vesicular) – arbuscular mycorrhizal symbioses. *The New Phytologist*, 137, 373-388.
- Smith, S., Read, D. (2010). *Mycorrhizal symbiosis*, Academic press.
- Sveriges meteorologiska institut (2017). Normal uppskattad årsnederbörd, medelvärde 1961–1990 Tillgänglig:

- <https://www.smhi.se/data/meteorologi/nederbord/normal-uppskattad-arsnederbord-medelvarde-1961-1990-1.6934> [2022-06-09]
- Taylor, T., Taylor, E., Krings, M. (2009). 3 - *Fungi, Bacteria, and Lichens*. In: Taylor, T. N., Taylor, E., & Krings, M. (eds.) *Paleobotany (Second Edition)*. London: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373972-8.00003-6>.
- Vackert väder (u.å.). Odlingskalender och sista vårfrosten för Höör. Tillgänglig: <https://www.vackertvader.se/h%C3%B6r/odla> [2022-06-10]
- Wallander, H. (2012). *Jord Funderingar kring grunden till vår tillvaro*, Lund, Bokförlaget Atlantis.
- Wallander, H., Sundin, A., Permell, C., Nobel, A&M. (2016). *Trädgårdsboken om jord*, Stockholm, Bokförlaget Langenskiöld.
- Wang, J., Wang, J., He, J-Z., Jing, Z., Xu, Y., Ge, Y. (2022) Arbuscular mycorrhiza fungi increase soil denitrifier abundance relating to vegetation community. *Applied Soil Ecology*, 171, 0929–1393. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104325>
- Waterboys Bevattningssystem (2021) Marktäckningsväv för ogräsbekämpning. Tillgänglig: <https://waterboys.se/catalog/groups/odling-marktackningsvav> [2022-06-10]
- Wikipedia (u.å.). Adsorption. Tillgänglig: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Adsorption> [2023-08-21]
- Wikipedia (u.å.). Hyfer. Tillgänglig: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Hyfer> [2023-08-21]
- Wikipedia (u.å.). Inokulation. Tillgänglig: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Inokulation> [2023-08-21]
- Wikipedia (u.å.). Vesikel. Tillgänglig: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Vesikel> [2023-08-21]
- Yost, J., Hartemink, A. (2019) Chapter Four - Soil organic carbon in sandy soils: A review, *Advances in Agronomy*. Academic Press, 158, 217–310 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211319300720>)



## 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. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

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.