



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur,
trädgårds- och växtproduktionvetenskap

Inokulering med arbuskulär mykorrhiza inom landskapsrestaurering

Inoculation with arbuscular mycorrhiza in landscape restoration

Ellinor Järlung

Inokulering med arbuskulär mykorrhiza inom landskapsrestaurering

Inoculation with arbuscular mycorrhiza in landscape restoration

Ellinor Järlung

Handledare: Helena Karlén, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Siri Caspersen, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i trädgårdsvetenskap

Kurskod: EX0844

Program/utbildning: Trädgårdsingjör:odling - kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2019

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

Nyckelord: Arbuskulär mykorrhiza, inokulering, AMF, landskapsrestaurering, inokuleringsmetoder

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Sammanfattning

Landskapsrestaurering handlar bland annat om att återskapa de artrika naturlandskap som en gång funnits. Forskning inom landskapsrestaurering behövs då många vilda arter försvunnit under det senaste seklet. Då växter planteras på en ny plats kan det vara svårt för dem att få en bra etablering till exempel på grund av att det är nya förhållanden i marken och att de utsätts för konkurrens. Arbuskulär mykorrhiza är en symbios mellan svamp och växt där svampen bland annat underlättar näringsupptaget för växten. Växten ger kolhydrater från fotosyntesen till svampen. Att inokulera med arbuskulära mykorrhizasvampar i plantskolestadiet eller under restaurering kan det ha en positiv effekt på tillväxt och etableringsfas av örtartade perenna växtslag. Forskningsprojekt har kunnat visa att inokulering med arbuskulär mykorrhiza bland annat påverkas av de förhållanden som finns på platsen, så som de fysikaliska och kemiska förhållandena i marken. En annan faktor som påverkar mykorrhizans effektivitet kan vara vart inokulumet kommer ifrån, om det härstammar från en naturlig plats eller en kommersiell produkt. Slutsatsen kan dras att det finns möjlighet att använda sig av arbuskulär mykorrhizainokulum vid landskapsrestaurering speciellt om det finns lite naturlig mykorrhiza eller svårtillgänglig fosfor. Det finns några kommersiella inokula tillgängliga på den svenska marknaden. Ett exempel på en metod som verkar ha gett ett bra resultat var att placera inokulum i ett hål i substratet eller jorden. I slutändan bör dock samspelen mellan växt, mykorrhizasvampar och andra mikroorganismer finnas med i beräkningarna vid användning av inokulering.

Abstract

Landscape restoration is a technique to recreate a natural landscape and establish a diversity of species. Landscape restoration research is important since many species, plants and animals, have disappeared during the past century. When plants are introduced to a new environment it can be difficult for them to get a good plant establishment due to new conditions in the soil or competition. Arbuscular mycorrhiza is a symbiosis between fungi and plants where the fungi provides the plants with nutrients. The plants in turn provides the fungi with carbohydrates from photosynthesis. Through studies it has been shown that inoculation with arbuscular mycorrhiza fungi in the nursery or during the restoration phase creates a positive effect on growth and plant establishment of herbaceous perennials. Research projects on inoculations methods of arbuscular mycorrhiza have been able to show that among other things it is the condition of the location that affects the efficiency of the inoculation. Another factor could be where the inoculate originates from, a natural location or a commercial product. As a conclusion there is a possibility to use arbuscular mycorrhiza inoculation during landscape restoration if there are low amounts of natural mycorrhizas or phosphorus. There are a few inoculate products on the Swedish market. An example of a method that seemed to give a good result was placing the inoculum in a hole in the substrate or soil. In the end the relationship between plants, mycorrhiza fungi and other microorganisms should be considered when using inoculation.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	4
1.1 Bakgrund	4
1.2 Arbuskulära mykorrhizasvampar	5
1.3 Användning av mykorrhiza	6
1.4 Inokulering med andra mikroorganismer	6
1.5 Syfte och avgränsning	6
1.6 Frågeställning	7
2. Metod	7
3. Resultat	7
3.1 Mykorrhizasymbioser	7
3.2 Användning av mykorrhiza vid landskapsrestaurering	8
3.3 Användning av mykorrhiza i växtproduktion	8
3.4 Växtval	9
3.5 Produktion av mykorrhizainokulum	9
3.6 Inokuleringsmetoder	10
3.6.1 AMF som inokuleras i plantproduktion	11
3.6.2 AMF som inokuleras på restaureringsplats	12
3.7 Mykorrhizainokulum på marknaden	14
3.8 Regelverk för användning	15
3.9 Mykorrhizainokulering i Sverige	15
3.10 Eventuella problem vid inokulering	16
4. Diskussion	17
4.1 Slutsats	22
5. Referenser	23

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Restaurering av landskap kan definieras som att hjälpa till med återhämtningen av platser som har blivit förändrade eller skadade till följd av bland annat mänsklig aktivitet (SER 2004). Anledning till att vissa landskap behöver restaureras kan vara minskning av artrika miljöer såsom ängar och gräsmarker eller markanvändning som har ändrat på artsammansättningen (EEA 2015). Några exempel på markanvändning kan vara uppodling, bebyggelse och infrastruktur (Fischer et al. 2013). Restaurering och att återställa exempelvis ängsmarker är ett sätt att minska förlusten av arter samt öka den biologiska mångfalden på både landsbygden och i städer (Fischer et al. 2013).

Landskapsrestaurering kan avse att återställa bland annat våtmarker, vattendrag, ängsmarker och urbana parker som förlorat sitt ursprungliga värde (Riksantikvarieämbetet 2017). Stora summor pengar läggs på restaurering runt om i världen men alla projekt kan inte visa på en hållbar effekt (Holl, Crone & Schultz 2003). Ett exempel kan vara att projekten inte lyckas återskapa den mångfald som var målet (Koziol & Bever 2017).

Långtidsstudier gjorda i centrala Europa har visat att under de senaste 50 åren har en ökning av odlad mark och tätbebyggelse ändrat landskapet (Wesche et al. 2012). Det har minskat artrikedomen av både växter och djur med ungefär 30–50%, vilket främst beror på överflödigt näringsutsläpp från bland annat jordbruket. Därför är det idag viktigt att försöka återinföra och restaurera bland annat ängslandskap (Wesche et al. 2012). Denna förlust av artrikedomen kan vara en anledning till att landskapsrestaurering finns som ett forskningsområde.

I Sverige används landskapsrestaurering bland annat för att återskapa och gynna ett artrikt landskap på platser där naturvärdet har satts på spel (Riksantikvarieämbetet 2017). Ett exempel är att det på stor del av Sveriges yta har planterats gran där det tidigare varit betesmark. De här områdena kan restaureras genom avverkning. Även i städer där parker kan ha växt igen kan tidigare växtligheten återställas genom bland annat röjning (Riksantikvarieämbetet 2017).

På en plats som restaureras görs det stora förändringar på platsen under en kortare period, såsom avverkning eller nyplantering, vilket gör att vissa växter kan ha svårt att anpassa sig till sin nya miljö (Riksantikvarieämbetet 2017). I Sverige finns även som ett exempel möjlighet att bevara skyddsvärda områden, men även att introducera nya ängar och naturmarker i staden, för att öka den biologiska mångfalden (VegTech u.å.).

1.2 Arbuskulära mykorrhizasvampar

Ett alternativ till att förbättra etableringen av växter samt att minska stressen som kan komma av torra och näringsbrist kan vara att introducera arbuskulär mykorrhizasvampar, i det fortsatta arbetet även benämnda AMF eller mykorrhizasvampar. Mykorrhiza är en symbios mellan svamp och växt där växten förser svampen med kolhydrater som bildas vid fotosyntesen (Chen et al. 2018). Svampen utökar rotsystemet och bidrar med att bland annat underlätta upptag av svårtillgängliga näringsämnen som fosfor. Mykorrhizasvampar påverkar jordstrukturen genom att hyftrådarna binder samman jordpartiklar till aggregat vilket motverkar erosion (Chen et al. 2018). Symbiosen kan också hjälpa tillväxten, göra plantorna mer livskraftiga (Carpio, Davies & Arnold 2003) och motverka rotsjukdomar (Caspersen 1999). De kan göra plantorna mer motståndskraftiga, underlättar ogynnsamma markförhållanden och höjer produktion av sekundära metaboliter (Rouphael et al. 2015). Bristen av mykorrhiza i jordbrukslandskap och städer kan vara en av de största anledningarna till en sämre plantetablering och tillväxt (Vosátka, Albrechtová & Patten 2008).

Arbuskulär mykorrhiza, är den vanligaste förekommande formen av mykorrhiza. AMF kan till exempel bilda symbios med ett stort antal hortikulturella växter, vilda växter samt ogräs (Muchovej 2001). De infekterar rötterna och för att skapa så stor kontaktyta som möjligt bildar hyftrådarna trädliknandestrukturer i växtcellerna, så kallade arbuskler (Fogelfors 2015). Inom endomykorrhiza, där AMF ingår, finns även ericoid mykorrhiza som bildar symbios med en del växter inom familjen Ericaceae och orkidémykorrhiza. Det finns flera kategorier på mykorrhizasvampar, en annan är ektomykorrhiza som växer mellan cellerna samt runt roten och förekommer hos flera träd i Sverige (Fogelfors 2015).

Rotkolonisering är viktigt för att AMF ska kunna överleva (Nath & Meena 2018). Det finns gemensamma mekanismer inuti olika växters celler som arbetar för att skapa rätt förhållanden för AMF. Under groningen av mykorrhizasporer bildas ett mycel som drar sig mot rotexsudat och på så vis bildas symbiosen (Nath & Meena 2018).

1.3 Användning av mykorrhiza

Det finns flera möjliga anledningar att använda sig av AMF-inokulum och som exempel kan nämnas inom jordbruket på platser där det används mycket fungicider eller ångning som skadat marklivet (Muchovej 2001). Det kan också vara en möjlig användning vid platser där gruvsdrift skett eller som har eroderat kraftigt (Muchovej 2001).

Att använda mykorrhiza som en biostimulant för att försöka etablera ett mer hållbart jordbruk genom att bland annat minska pesticider, har enligt en studie ökat i vissa länder under de senare åren, främst inom odling av hortikulturella grödor (Rouphael et al.2015).

Biostimulanter används för att stimulera olika processer som redan sker naturligt hos växter (EBIC u.å.). Ofta handlar det om substanser eller mikroorganismer vilka inokuleras i exempelvis rotzonen och bland annat påverkar kvalitén positivt (EBIC u.å.). Mykorrhiza kan också användas som inokulum inom skogsnäringen vid produktionen av biomassa och även inom landskapssektorn i vissa länder för att få ett hållbarare och bättre resultat (Vosátka, Albrechtová & Patten 2008). Den bästa effekten av AMF erhålls vid låg eller ingen användning av pesticider och kemiska gödselmedel (Rouphael et al.2015).

1.4 Inokulering med andra mikroorganismer

Andra mikroorganismer kan också inokuleras med för att stärka etablering, tillväxt och motståndskraft (O'Callaghan 2016). Ett exempel är kvävefixerande *Rhizobium*-bakterier som används vid inokulering av fröer i odling. Baljväxter inokuleras med framförallt bakteriekulturer för en bättre kvävefixering (Olssons Frö u.å.). Bakteriekulturen kan säljas i påsar som blandas med frö innan sådd. Det görs främst då det inte odlats baljväxter på platsen innan. Förutom kvävefixering kan de förbättra upptag av viktiga makro- och mikronäringsämnen samt att öka skörden (Nyokia & Ndakidemi 2018).

1.5 Syfte och avgränsning

Syftet med litteraturstudien är att undersöka vilka inokulum som finns tillgängliga på marknaden och vilka inokuleringsmetoder som lämpar sig för AMF. Anledningen till det är att försöka undersöka om det är möjligt att använda sig av inokulum inom landskapsrestaurering för att få fler växter att klara sig bättre på exempelvis störd mark. Arbetet koncentreras till hur AMF kan användas både i odling av örtartade, perenna växtslag och under växtetableringsfasen vid landskapsrestaurering. Arbetet undersöker främst

återplantering av inhemska arter på platser som är i behov av restaurering för att återskapa skyddsvärda platser. Förhoppningen är att kunna ge ett underlag av vad som kan vara rimligt att använda sig av under svenska förhållanden.

1.6 Frågeställning

Vilka typer av inokulum finns tillgängliga på marknaden och vilka inokuleringsmetoder kan användas för arbuskulära mykorrhizasvampar vid produktion av växter och efter utplantering? Kan det hjälpa till att förbättra etablering för växter vid restaurering av landskap?

2. Metod

Det här arbetet är en litteraturstudie, en sammanställning av olika artiklar som undersökts. De olika artiklarna har främst valts från 'Google Scholar' och 'Web of science' samt med hjälp av min handledare. Utöver det har information också tagits från olika hemsidor framförallt då det gäller produkter men även för allmänna råd. De artiklar som har använts är framför allt publicerade från år 2000 och framåt samt några texter är från tidigare år. I sökningsprocessen var det svårt att hitta information om forskning och projekt utförda i Sverige därför används studier om inokuleringsmetoder från flera delar av norra halvklotet.

3. Resultat

3.1 Mykorrhizasymbioser

Studier visar att mykorrhizasymbios finns hos de flesta landlevande växter (Öpik et al. 2006). Några arter finns över hela jorden medan andra bara påträffats på specifika platser eller växter och det finns stor variation inom mykorrhiza (Öpik et al. 2006). Arbuskulär mykorrhiza bildas endast av klassen Glomeromycetes inom fylum Glomeromycota och klarar sig inte utan växtvävnad (Fogelfors 2015). Effekten av mykorrhizasvamparnas gynnande förmåga har varit svåra att läsa av genom studier i fält då det är flera faktorer som spelar in (Kling 1998). Den effekt som har vistats har framförallt gjorts genom studier i växthus med en steriliserad jord. I senare fältstudier har det visats att inokulering av en inhemska AMF kan hjälpa till med etableringen av växter och påskynda successionen (Koziol et al. 2017).

Enligt studier passar vissa mykorrhizaarter bättre med specifika växtarter, därför bör en passande svampart introduceras med en lämplig växtart (Rouphael et al. 2105). Ett exempel är att fosfortransporten fungerar på olika sätt mellan olika svamp- och växtkombinationer (Kling 1998). Flera av våra hortikulturella grödor är symbiosberoende medan andra klarar sig även bra utan. Det kan även i vissa fall skilja sig mellan sorter, ett exempel är vete där vissa sorter har behov av symbiosen medan andra inte har det (Kling 1998).

3.2 Användning av mykorrhiza vid landskapsrestaurering

Vid restaurering av landskap används vanligtvis mykorrhiza av tre olika ursprung (Maltz & Treseder 2015). Den första är inokulum baserat på rötter och jord samlat från en naturlig plats vilket används för uppförökning av AMF. Den andra är de som finns tillgängliga kommersiellt och den tredje är den mykorrhiza som produceras i laboratorium för att uppföröka några specifika arter. Ju mer passande inokulum, desto lättare är det att få en bra etablering av inokulum och växter (Maltz & Treseder 2015).

I en sammanfattning av tidigare studier (Maltz & Treseder 2015) kunde författarna konstatera att AMF kan förbättra etableringen hos de naturliga växterna på platsen genom en ökad kolonisering av rötterna. De drar också slutsatsen att de positiva egenskaperna som mykorrhizan bidrog med kunde påverka plantan under flera år. De argumenterar för att det finns fördelar med inokulum som är baserat på en referensplats likt restaureringsplatsen i kontrast till inokulum med endast en mykorrhizaart eller de kommersiella alternativen. Ett inokulum som kommer från en liknande plats som den planerade planteringen har visat sig ha bättre chans att förbättra tillväxt (Maltz & Treseder 2015).

3.3 Användning av mykorrhiza i växtproduktion

Enligt studier, som beskrivs mer senare i litteraturstudien, har det gjorts försök genom att inokulera med AMF i växtproduktionen (Carpio, Davies & Arnold 2003; Püschel, Rydlová & Vosátka 2014). Utav de studier som undersökts visade flera möjligheten av inokulering med en kommersiell produkt i småplantstadiet. De visar att det kan vara möjligt att använda inokulering med mykorrhizasvampar inom växtproduktion.

Småplantor som inokulerats i plantskolestadiet hade 40% större chans att överleva vid utplantering (Koziol & Bever 2017). Dessutom spred sig AMF från pluggplantorna till närliggande plantor när de utplanterats. Studien visade att inokuleringen påverkade frön och

växtsamhället positivt under flera år (Koziol & Bever 2017). Det har också visat att inokulering med AMF kan användas inom plantskoleproduktion för att stärka plantorna innan utplantering (Sabatino et al. 2018).

3.4 Växtval

Plantor som används vid restaureringsprojekt består ofta av växter som är förekommande på en liknande plats naturligt (White, Tallaksen & Charvat 2008; Zhang et al. 2012; Arahamian et al. 2016). I Europa används dock ibland exotiska fröblandningar som innehåller växtarter som inte förekommer regionalt (Kiehl et al. 2009). Att använda frön och plantor av annan härkomst kan frambringe problem genom att arter blir invasiva och för den biologiska mångfalden. Därför bör endast lokala arter användas vid restaurering (Kiehl et al. 2009). I Sverige finns och produceras ängsfrö och pluggplantor av inhemska växter (VegTech u.å.). Några exempel på svenska inhemska arter som kan erbjudas är *Achillea millefolium*, *Bellis perennis*, *Filipendula vulgaris* och *Viscaria vulgaris*. Dessa örtpluggar odlas upp i Sverige och säljs sedan för användning i anläggning och restaurering. Vid anläggning av naturmarker och ängar är det viktigt att gynna den biologiska mångfalden genom artrikedom bland växter och djur samt att främja pollinerare (VegTech u.å.).

3.5 Produktion av mykorrhizainokulum

Produktionen av AMF-inokulum var 2008 relativt liten inom Europa (Vosátka, Albrechtová & Patten). Marknaden bestod av få producenter och dessa hade ensamrätt i produktionslandet. Dock sågs då en möjlighet till utveckling genom en internationell exportering. Dessutom kunde priset pressas genom att utveckla en större marknad (Vosátka, Albrechtová & Patten 2008).

Produkterna som produceras kommersiellt består oftast av rotfragment, sporer och hyfer (Vosátka, Albrechtová & Patten 2008). Det vanligaste tillvägagångssättet vid produktion av mykorrhizainokulum är att odla plantor och de tillhörande mykorrhizasvamparna i ett substrat, ofta jord- eller sandbaserat (IJdo, Cranenbrouck & Declerck 2011). Metoden används över stora delar av världen och kan massproducera AMF på ett relativt ekonomiskt vis. En annan metod som beskrivs innebär att produktionen sker med hjälp av värdväxt utan substrat samt att näring och syre tillsätts med bevattningsvattnet (IJdo, Cranenbrouck & Declerck 2011). Rötterna och AMF växer då i näringslösningen och produkten är förhållandevis ren. Denna produktion är relativt dyr jämfört med den substratbaserade och sker därför ofta i mindre

skala. Båda de här tillvägagångssätten används oftast i ett växthus eller i groningskammare under kontrollerade former (IJdo, Cranenbrouck & Declerck 2011).

Andra metoder innebär uppförökning i laboratorium (IJdo, Cranenbrouck & Declerck 2011). En sådan produktion innebär högre kostnader men det ger en smittfri produkt. Författarna argumenterar att en storskalig produktion inte är möjlig om det inte finns en värdväxt som passar till svamparten (IJdo, Cranenbrouck & Declerck 2011).

På en hemsida som säljer kommersiell mykorrhiza beskrivs produktionen av produkten (Mykorrhiza 2018). Där fylls påsar med substrat och inokuleras med svampar. Därefter planteras växter direkt i substratet. De utvecklas i växthus och skördas genom att växtens ovandel avlägsnas, rötterna torkas och delas i småbitar. Därefter återförs de till substratet (Mykorrhiza 2018).

Enligt Eulenstein et al. (2017) har det funnits substrat med mykorrhiza på marknaden sedan 1992. I artikeln beskriver författarna att mykorrhizainokulum produceras i växthus på leca med en värdväxt för förökning av svampen. Sporvolymen kan uppmäta från 50 till 150 sporer/ ml av lecas volym. Inokulumet blandas tillslut upp med organiskt gödselmedel och används som bland annat inblandning i olika kruksubstrat (Eulenstein et al. 2017).

I de kommersiella produkterna finns det främst arter inom släktet *Rhizophagus* (tidigare *Glomus*) (Mykorrhiza 2018; Mycorrhizal applications 2019).

3.6 Inokuleringsmetoder

Det finns olika metoder för att inokulera AMF några exempel är att sprida exempelvis ett mykorrhizapulver över ett helt område, göra hål med hjälp av borr eller spade för att placera det i, bruka ner eller att använda sig av plantor som inokulerats i plantskolan (Koziol et al. 2017). Ofta handlar det om inokulat som består av rotdelar, sporer och hyftrådar som tillsats någon form av substrat. De olika inokula kan bestå av jord direkt från en referensplats, en plats med liknande förhållande som restaureringsplatsen, som antagligen innehåller mer än bara mykorrhizasvampar. Det kan också handla om en eller flera mykorrhizaarter som växt till sig på en värdväxt för att senare tillsättas vid restaurering, även här kan andra organismer komma med (Koziol et al. 2017). I studierna har några av dessa kunnat undersökas.

3.6.1 AMF som inokuleras i plantproduktion

I en studie från Texas undersöktes det hur två kommersiella AMF-inokula påverkade några örtartade växtslag, samt några vedartade (Carpio, Davies och Arnold 2003). Inokulering skedde i krukor med groddplantor i en plantskola. I krukorna användes ett kommersiellt substrat baserat på bland annat torv och bark. Plantorna planterades senare ut.

Inokula innehöll sporer från en eller flera arter svampar, mycel och koloniserade rottdelar (Carpio, Davies & Arnold 2003). AMF- inokula tillsattes i hål gjorda i substratet vid tiden för omplantering. Under studiens gång kunde resultatet visa att alla inokula inte bildade symbios med alla växtslag. Det var dock tydligt att då AMF bildade symbios gav det överlag ett förbättrat resultat när det gäller vegetativ och generativ tillväxt.

Efter att effekten av de olika inokula undersökts i plantskola planterades plantorna ut på ett område vid universitetet för att undersöka hur de överlevde under två växtsäsonger (Carpio, Davies & Arnold 2003). De utplanterade plantorna bevattnades men ingen näring tillsattes. En positiv effekt kunde tydligt ses i överlevnad och tillväxt. Det visade sig också att de plantor som inte hade inokulerats med AMF visade en bättre överlevnad efter två växtsäsonger. Författarna menar att den naturliga mykorrhizan då har utvecklats. Enligt artikeln är inokulering möjlig att använda för att öka etableringen och stresstoleransen hos omplanterade och utplanterade växter (Carpio, Davies & Arnold 2003).

En studie från Indiana jämförde inokulering med sju olika AMF hos flertalet växter, till exempel gräs, baljväxter och liljor (Koziol & Bever 2016). Fröna steriliserades och grodde innan de planterades i inokulerad jord. Av varje växtart gjordes sju plantkopior där varje planta inokulerades med en av de sju svamparterna. De olika mykorrhizaarterna var uppförökade på värdplantor och kom från en lokal prärie. Jorden som inokulerats kom från ett närliggande område och steriliserades. Försöket gjordes i växthus och pågick under fyra månader.

Resultatet visar att succession spelar en stor roll och att de mer långsamtväxande perennerna hade en mer varierande reaktion på de olika svamparterna (Koziol & Bever 2016). Dessutom kunde det utläsas att hos de långsamtväxande perennerna som inokulerats ökade den vegetativa tillväxten jämfört med kontrollen och de som hade en snabb utveckling (Koziol & Bever 2016).

I en studie från Tjeckien undersöktes det om även några av de vanligaste utplanteringsväxterna, exempelvis *Sanvitalia procumbens* och *Verbena × hybrida*, kan ha nytta av inokulering med mykorrhiza (Püschel, Rydlová & Vosátka 2014). I studien undersöktes det om en kommersiell AMF- produkt kunde öka tillväxten. I försöket användes ett torvbaserat substrat som var testat innan studiens start för att försäkra att det inte fanns några mykorrhizasvampar i det.

Den kommersiella mykorrhizaprodukten innehöll en blandning av inerta substrat samt sporer, mycel och koloniserade rottdelar från sex olika mykorrhizaarter (Püschel, Rydlová & Vosátka 2014). Inokulum tillsattes i krukans, i hål under den planterade småplantan, och försöket pågick under tre månader.

Alla de inokulerade plantorna fick rotkolonisering (Püschel, Rydlová & Vosátka 2014). Skillnaden som kunde ses mellan de olika växtarterna var mängd kolonisering och hur mycket det påverkade tillväxten. Generellt kunde det också ses en bättre vegetativ tillväxt och större mängd blommor i jämförelse med kontrollerna.

Under studien undersökte de också om kolonisering kunde påverka mängden vatten som växten behöver (Püschel, Rydlová & Vosátka 2014). Ett försök gjordes där en del plantor vattnades var femte dag medan andra vattnades var nionde dag. Den behandlingen som fick vatten var nionde dag hade i slutet av försöket mindre plantor samt att tillväxten av mykorrhiza var något mindre. Det kunde tydas att plantor som fick lite vatten och var koloniserade med AMF klarade sig bättre än plantor som bevattades regelbundet och inte koloniserats. I slutändan argumenterar författarna för att inokulering med AMF kan rekommenderas hos vissa växtslag där resultatet kan motsvara kostnaden men att kunskap krävs då det inte ger en positiv effekt hos alla växter (Püschel, Rydlová & Vosátka 2014).

3.6.2 AMF som inokuleras på restaureringsplats

Universitetet i Minnesota (White, Tallaksen & Charvat 2008) undersökte tre inokuleringsmetoder för både kommersiellt och lokalt inokulum, på en restaureringsplats. Platsen delades upp och några områden valdes slumpvis ut för att användas i försöket. I några av dem grävdes fåror där inokulum placerades. Försöksytorna behandlades med en kommersiell AMF-produkt och en AMF uppförökad i laboratorium från en naturlig prärie. I

det sista området grävdes det inga fåror utan det inokulerades genom att låta ett lokalt inokulum spridas över hela området. På alla områdena användes en mix av naturliga fröer av bland annat gräs och örter som tillsattes samtidigt och tillsammans med AMF-inokula.

Ett drygt år efter inokulering kunde resultatet visa att de platser som fått AMF-inokulering hade markant mer rotkolonisering än kontrollen (White, Tallaksen & Charvat 2008). Under tiden studien pågick visade det sig att denna skillnad minskade. Efter tre växtsäsonger fanns ingen skillnad alls. Det kan bero på att naturliga mykorrhizasvampar koloniserat rötterna samt på en hög fosforhalt i marken. Även om vissa växter kan gynnas av inokulering så nämner forskarna att en inokulering med mykorrhiza kan vara berättigat under vissa specifika omständigheter men inte nödvändigtvis ett måste i restaureringssammanhang. Resultatet visar också att inokulering eventuellt kan användas om det finns ont om fosfor på platsen samt lite naturlig AMF (White, Tallaksen & Charvat 2008).

I en flerårig studie från Centralasien (Zhang et al. 2012) undersöktes effekten av ett lokalt AMF-inokulum framförallt på snabbväxande örtartade perenner. Studien utfördes i Gurbantunggutöknen. Försöksområdet delades in i mindre ytor, somliga med AMF-inokulum och somliga utan. Ett antal snabbväxande växtslag valdes ut som utgjorde en stor del av den lokala floran.

Inokuleringen gick till så att på varje yta borrades ett antal 15 cm djupa hål med ca 10 cm mellan dem, där inokulum placerades och täcktes över med lite jord (Zhang et al. 2012). Det skedde innan växtgroning. Inokulum bestod av tre stycken mykorrhizaarter som är vanliga på platsen. Mykorrhizasvamparna odlades upp på värdväxter och inokulumet bestod av sporer, hyfer och rotfragment.

Resultatet visade att koloniseringen, med de olika mykorrhizaarterna, ökade där AMF inokulerats jämfört med kontrollen (Zhang et al. 2012). Den vegetativa tillväxten hos plantorna ökade också. Genom att undersöka biomassan ovan jord kunde det konstateras att storlek och antal plantor av samma art ökade på de platser som blivit inokulerade med AMF samt att även diversiteten av växter var större.

Studien tar upp att det kan bli ett problem med höga kostnader vid storskaliga projekt men att resultatet visar att AMF-inokulering kan användas vid restaurering av vegetation som

gräsmarker och att det även kan öka produktiviteten hos snabbväxande perenner (Zhang et al. 2012).

En tredje studie undersökte hur inokulering med AMF kunde påverka utvecklingen av växter på en restaurerad plats i Kalifornien (Aprahamian et al. 2016). I studien såddes frön från lokal växtlighet och området delades in i olika försöksytor. Ytor med kommersiellt inokulum med fyra icke inhemska svampar och ytor med inhemskt inokulum från liknande förhållanden som restaureringsplatsen. Det inhemska inokulumet kom från ett närliggande område där jord samlats under växtsäsongen och större partiklar och frön silats bort. Det insamlade inokulummaterialet och de nysådda fröna täcktes sedan med jorden på platsen.

Resultatet visar att ingen större skillnad kunde upptäckas på platser med kommersiell AMF eller på de med lokala AMF (Aprahamian et al. 2016). Dock upplevdes en viss minskning i planttillväxt hos de inhemska växterna på platser där kommersiell AMF användes. En anledning till det kan vara att arterna som fanns i det kommersiella inokulumet passade bättre för snabbväxande växter (Chagnon et al. 2013) och därmed inte med de långsamt växande växterna i studien (Aprahamian et al. 2016).

På de platser som inte blivit inokulerade kunde naturlig mykorrhiza upptäckas (Aprahamian et al. 2016). Det visar en möjlig anledning till varför försöket inte visade likartade data som tidigare studier. Då det redan fanns mykorrhiza på platsen hade inte den inokulerade någon större effekt. En annan anledning som nämns är att på väldigt torra platser kan svampsporer få svårt att gro. Artikeln nämner också att det eventuellt fanns mycket näring tillgänglig i marken, framförallt kväve och fosfor, vilket gjorde de inokulerade svamparna överflödiga (Aprahamian et al. 2016).

3.7 Mykorrhizainokulum på marknaden

AMF-inokulum säljs i olika former till exempel granulater eller pulver med minst fyra olika arter av mykorrhiza (Mycorrhizal applications 2019). Det finns också som en del av en substratblandning (Promix u.å.) samt blandningar som innehåller sex olika arter i en inert substratmix (Mykorrhiza 2018). Andra produkter kan vara organiska gödselmedel som innehåller mykorrhiza och bakterier (Ecoturf u.å.).

Några preparat kan antingen appliceras direkt genom att tillsättas i hål eller blandas ut med vatten där rötterna sedan kan doppas i vattenlösningen (Mykorrhiza 2018; Plant Works 2019). Granulat eller pulver kan enligt anvisning användas vid både plantproduktion och restaurering genom att placeras under frö eller sticklingar, brukas ner, blandas med substrat eller spridas vid plantering (Mycorrhizal applications 2019). Som nämnts ovan använder sig flera av preparaten av samma arter av mykorrhiza (Mykorrhiza 2018; Mycorrhizal applications 2019).

Ett inokulum har relativt lång hållbarhet då det förvaras rätt vid torra och svala förhållanden. Som ett exempel anger en produktsida en livslängd på två år (Mykorrhiza 2018).

3.8 Regelverk för användning

Det finns inget tydligt regelverk eller gemensamma regler i Europa för spridning av en mykorrhizaprodukt (Vosátka, Albrechtová & Patten 2008). Bland de kommersiella produkter som studerats finns exempel på produkter som är tillgängliga i Sverige och har certifierats enligt Krav (Ecoturf u.å.) och i alla fall en internationell produkt har certifierats med OMRI (Organic material review institute) (Mycorrhizal applications 2019), en organisation som granskar ekologiska produkter vilket innebär att det tillåts inom ekologisk odling (OMRI 2019).

Det är även svårt att genomföra kvalitetskontroller på produkterna och vid 2011 fanns inga tydliga kriterier för kvalitet inom kommersiella inokulum (IJdo, Cranenbrouck & Declerck 2011). Dock finns det riktlinjer på kvalitet som företag bör hålla sig till (Vosátka, Albrechtová & Patten 2008). Eftersom mykorrhizaarter som uppföras inte alltid är representativa på platser där de ska användas bör företagen hålla sig till några kriterier. Först och främst måste produkten kunna bilda en rotkolonisering med den plantan som den ska inokuleras med. Ett annat krav är att produkten ska vara smittfri samt inte innehålla något som kan påverka växten eller människor negativt. Dessutom kan det vara viktigt för företaget att visa på produktens spårbarhet och att tänka på produktens hållbarhet (Vosátka, Albrechtová & Patten 2008).

3.9 Mykorrhizainokulering i Sverige

I Sverige är det osäkert om det används mykorrhizainokulering vid restaurering eller plantuppdragning. Dock påträffas några studier med mykorrhizainokulering inom

hortikulturell odling. Tomater som odlats med inokulerad mykorrhiza visade sig ha en bättre tillväxt jämfört med de som inte inokulerats (Caspersen 1999). Det visade sig även att det substrat som användes hade stor inverkan på mykorrhizans effekt mot rotsjukdomar.

Resultatet visade också om fosforhalten är hög i substratet kan mykorrhizan hämmas. En slutsats i texten är att mykorrhizainokulering kan användas för att stärka plantor och göra det lättare vid utplantering. Dock finns det mykorrhizasvampar i de flesta jordar och på grund av kostnaden av kommersiella inokulum kan det vara bättre att försöka att gynna den existerande mykorrhizan (Caspersen 1999).

Ett annat försök visade att det är möjligt att minska fosforgödslingen i odling av plantor, i alla fall då det gäller gräslök (Caspersen & Kron 2008). Resultatet visade också att inokulering kan förbättra näringsupptaget och etableringen vid utplantering (Caspersen & Kron 2008).

I en studie har trädgårdsblåbär inokulerats med eriocid mykorrhiza antingen vid rotning eller plantering (Caspersen et al. 2014). Resultatet visade att en positiv effekt berodde på blåbärssort, substrat och mängden kväve som tillsattes under försöket. Slutsatsen var att sorten av trädgårdsblåbär och förhållandena påverkar om inokulering ska användas (Caspersen et al. 2014).

I en annan studie undersöktes odlingsbara fält och gräslandskap runt om i Sverige för att se om det fanns AMF i jorden (Sjöberg et al. 2004). Studien visade att på de provplatser som används fanns det mykorrhiza i alla. I det översta jordlagret visade det sig även finnas mer sporer än i de längre ner. Resultatet visar att mykorrhiza inte stördes av jordbearbetning (Sjöberg et al. 2004).

3.10 Eventuella problem vid inokulering

Även om det finns mykorrhizasvampar som lätt koloniserar rötterna behöver det inte påverka plantans tillväxt positivt (Corkidi et al. 2004). Vilket substrat som används vid plantproduktion och vilket näringsinnehåll det har kan ha påverkan på om AMF-inokulum har någon effekt (Corkidi et al. 2004).

I plantskoleproduktion används olika substrat och i Sverige används framförallt torv. Torv har visat sig ha negativ inverkan på mykorrhiza (Vestberg & Kukkonen 2008). Effekten torv har på AMF verkar vara hämmande för koloniseringen. Vad det beror på var inte uppenbart

vid sammanställningens publicering men förslag finns på att det har med kemiska och biologiska faktorer att göra. Enligt författarna kan det tillsättas naturlig jord eller sand till substratet för att minska den hämmande effekten. Studier gjordes både i fält och i växthus och båda visade på torvs hämmande förmåga samt att som odlare kan denna effekt minska genom att tillsätta något mineraliskt substrat (Vestberg & Kukkonen 2008).

Genom att använda sig av kommersiella AMF- inokula kan det eventuellt frambringa problem eftersom det kan vara icke inhemska arter som tillsätts. I en sammanställning av olika artiklar kunde författarna (Thomsen & Hart 2018) komma fram till att försiktighet krävs vid inokulering av främmande mykorrhiza. Vissa arter kan utgöra en risk och bli invasiva i den nya miljön. Störst hot ligger i att de inokulerade svamparna kan påverka den befintliga biotopen. I sammanställningen argumenterar författarna för att om det behövs inokuleras, ska inhemska arter användas i den mån det går (Thomsen & Hart 2018).

Ett argument mot en kommersiell produkt är att de som använder sig av den möjligen inte har tillräcklig kunskap om produkten och att de använder den på fel sätt (Goss, Carvalho & Brito 2017). Ett annat är att produkten ofta består av få arter vilket medför problem med biodiversiteten, bland både mikroorganismer och växter. Dessutom kan inte alltid priset på produkten motiveras (Goss, Carvalho & Brito 2017).

4. Diskussion

I de studier av inokuleringsmetoder som undersökts kan det tydas ett relativt positivt mönster. I de flesta av de undersökta studierna har inokuleringen varit lyckad då en bättre tillväxt och etablering har nåtts (Carpio, Davies & Arnold 2003; White, Tallaksen & Charvat 2008; Zhang et al. 2012; Püschel, Rydlová & Vosátka 2014). Det kan visa att inokulering med arbuskulär mykorrhiza absolut kan vara möjlig att använda vid landskapsrestaureringsprojekt.

Mykorrhizainokulum kan enligt studier ha flera olika ursprung (Maltz & Treseder 2015). Utav de studier som undersökts i den här litteraturstudien var det framförallt kommersiella inokula och de som samlats in från en lokal plats som används. Jämförelsevis har de gett liknande resultat då de generellt gett en bättre tillväxt hos de inokulerade plantorna. Skillnad i de olika inokula kan vara om det använts en eller flera mykorrhizaarter eller stammar. Hos de

lokalt hämtade inokula finns antagligen en mängd arter redan i jorden som tas från plasten för att uppföras. Medan bland de kommersiella kan köparen välja om det ska förekomma en eller flera arter.

Det finns några svenska hemsidor med kommersiella produkter för professionella anläggare (Mykorrhiza 2018; Ecoturf u.å.). Det finns säkerligen möjlighet att även beställa från utlandet då det inte verkar finnas några speciella regler för inokulering (Vosátka, Albrechtová & Patten 2008; IJdo, Cranenbrouck & Declerck 2011). Dessutom är det liknande mykorrhizaarter i de olika produkterna. Eftersom det finns produkter på marknaden kan det argumenteras för att de används, frågan är till vilka områden de används. Det kan handla om användning i odling, trädgårdar eller kanske restaurering, eller är det främst för anläggning i städer.

De olika kommersiella produkterna som finns på marknaden använder sig av ett fåtal AMF-arter (Mykorrhiza 2018; Mycorrhizal applications 2019). Dessutom kan flera appliceras på liknande sätt. Genom att studera hemsidorna för de olika produkterna kan det uttydas att de är relativt lika och används på liknande sätt. Största skillnaden är kanske vilken form de olika inokula kommer i, men även där är det flera som är lika (Mykorrhiza 2018; Mycorrhizal applications 2019; Plant Works 2019; Ecoturf u.å.; Promix u.å.). Vilken inokuleringsprodukt som är bättre än andra är svårt att veta utan gjorda studier som jämför alla. Dock kan det ju diskuteras om det inokulum som innehåller både mykorrhiza och bakteriekultur (Ecoturf u.å.) kunde vara effektivare än de övriga då det även introducerar andra mikroorganismer. Dessutom kommer det i en kompostblandning vilket gör det till ett mer levande preparat.

Av de artiklarna på studier där en kommersiell produkt användes verkar resultatet visa på delad effekt. I några undersökningar kunde resultatet visa att de hade en bra påverkan på växternas etablering och tillväxt (Carpio, Davies & Arnold 2003; Püschel, Rydlová & Vosátka 2014). I en studie (Aprahamian et al. 2016) kunde resultatet inte visa någon positiv effekt på de inokulerade platserna. I studien visade det sig att det kommersiella inokulum som användes hade en negativ påverkan på de inhemska växternas tillväxt. Under en landskapsrestaurering för att gynna de inhemska växterna och djuren är det antagligen inte ett resultat som är önskvärt. Vad som kan ha påverkat det är svårt att veta men eventuellt kan det vara så att mykorrhizaarterna inte passade de växter på platsen. Det finns även andra möjliga

anledningar som kan ha påverkat växterna negativt, där mykorrhiza inte är en av de faktorerna, som till exempel patogen eller fysiologiska faktorer.

De kommersiella alternativen som finns blir relativt kostsamma vid större odlingsprojekt (Püschel, Rydlová & Vosátka 2014). Ska de användas bör de kanske användas till framförallt växter med ett högt ekonomiskt eller kulturhistoriskt värde och inte inokuleras med alla växter.

Något som kan vara ett alternativ är att om möjligt använda sig av en naturlig mykorrhizainokulum (Maltz & Treseder 2015). En anledning till det kan vara att de antagligen har en liknande svampsammansättning som de inhemska växterna behöver. Dessutom kan det vara så att det är andra organismer som kan påverka i de inokulum då de tagits från en naturlig plats. Till exempel kan gynnande bakterier och andra svampar finnas med.

Även de inokulum som är hämtade från en naturlig plats kan vara relativt dyra (Zhang et al. 2012). Ett annat problem med att använda sig av lokalt inokulum är att det tar tid att samla in material (Aprahamian et al. 2016). Under ett projekt kan just tid vara något som det är ont av speciellt då det handlar om levande material.

Det finns flera olika metoder för inokulering med AMF (Koziol et al. 2017). Oavsett vilken metod som används så verkar det inte alltid ge samma effekt. Om det beror på metoden eller inokulumet i sig är svårt att säga. Ursprunget på inokulumet, vilka plantor som används och dess ålder har antagligen också en effekt.

I några av fallen placeras AMF-inokulum i ett borrar hål i kruka eller på en plats (Zhang et al. 2012; Püschel, Rydlová & Vosátka 2014). Även utspridning av inokulum på en restaureringsplats användes (Zhang et al. 2012; Aprahamian et al. 2016). Både att göra hål att placera inokulumet i och sprida det på platsen verkar ha gett bra resultat. Fördelen med att placera mykorrhizan i ett hål eller att bruka ner den kan eventuellt vara att den kommer djupare ner i marken än att bara sprida den. Dock är frågan om det är bättre eller om det finns risk att inokulumet kommer för djupt och för långt ifrån rötterna på de nyplanterade växterna. En studie visade att det var i det översta jordlagret som det fanns flest sporer (Sjöberg et al. 2004). Det kan visa att det är just där som ett eventuellt inokulum ska placeras.

Det verkar i alla fall inte spela någon större roll om plantor eller frö används. Vid applicering av bakteriekultur används oftast frö där inokulum blandas upp med fröna innan sådd (Olssons Frö u.å.). Att blanda upp frön med inokulum innan spridning inom AMF-inokulering var ingen metod som det påträffades någon information om.

I de studierna som undersökte AMF-inokulering på en naturlig plats var det lite olika resultat. Två studier visade på större rotkolonisering och tillväxt ovan jord (White, Tallaksen & Charvat 2008; Zhang et al. 2012). Skillnaden över tid minskade även mellan de inokulerade växterna och de som inte blivit inokulerade. Att det blivit så kan tyda på att den naturliga mykorrhizan förr eller senare kommer att kolonisera rötterna.

Alla studier gav inte helt tillfredsställande resultat. Det kan säkerligen ha att göra med flera olika faktorer. Finns det mycket tillgänglig fosfor kanske det inte är rättfärdigat att inokulera (White, Tallaksen & Charvat 2008). Det kan göra att mykorrhizan förlorar sin funktion. En annan anledning kan vara den redan existerande mykorrhizan (White, Tallaksen & Charvat 2008; Aprahamian et al. 2016). Om det finns naturlig mykorrhiza kan den kanske konkurrera ut den inokulerade. Möjligheten finns även att den inokulerade konkurrerar ut den som är naturligt förekommande.

När det handlar om inokulering med AMF i uppdragningsfasen kunde det visa på att det gav en ökad vegetativ tillväxt till skillnad från kontrollerna (Carpio, Davies & Arnold 2003; Püschel, Rydlová & Vosátka 2014; Koziol & Bever 2016). En studie visade på fler blommor (Püschel, Rydlová & Vosátka 2014). När det gäller plantor som inokuleras i uppdragningsstadiet verkar de färdiga plantorna snarare kunna ses som en egen inokuleringsmetod som kan användas vid plantering (Koziol & Bever 2016).

I studierna från Sverige kunde resultaten visa att hortikulturella växter kunde ha fördel av att inokuleras i plantstadiet då det underlättade utplanteringen (Caspersen 1999). Om det är så även för perenner kan det argumenteras för att det är en fördel med att ha inokulerat plantorna innan utplantering. Dessutom får de ett försprång på ogräs och andra växter på platsen.

Då det har funnits alternativa substratblandningar med mykorrhizainokulum på marknaden sedan 1992 (Eulenstein et al. 2017) kan det argumenteras för att det inte borde vara så svårt

att få fram en bra produkt. Produktionen av AMF-inokulum kan ändå tolkas som att ha en positiv framtid. Vare sig om produktionen sker i substrat, hydroponiskt eller i laboratorium verkar det i slutändan vara kostnaden som är det stora problemet (Ijdo, Cranenbrouck & Declerck 2011). Dock kan det argumenteras för att det exemplet där mykorrhizan utvecklas i påsar med substrat och värdväxt (Mykorrhiza 2018) inte verkar så avancerat eller dyrt.

Intressant är det att se att det inte finns några specifika regler för inokulering med mykorrhiza (Vosátka, Albrechtová & Patten 2008). Kvaliteten på produkten kan vara intressant då några kommersiella produkter hade en livslängd på två år (Mykorrhiza 2018). Det i förhållande till att mykorrhiza inte klarar sig utan levande växtmaterial (Fogelfors 2015) kan vara intressant när det gäller kvalitet då det kan ifrågasättas om mycelet verkligen överlever så lång tid med bara de torra rotdelarna i blandningen. De riktlinjer som finns (Vosátka, Albrechtová & Patten 2008) känns relativt standard då det bland annat handlar om att det ska vara smittfria och inte påverka negativt.

Om det finns ont om lättillgänglig fosfor eller lite naturlig mykorrhiza kan det vara berättigat att inokulera med mykorrhiza (White, Tallaksen & Charvat 2008). Även om det finns tillgänglig mykorrhiza på platsen kan det dock ta en tid innan den naturliga mykorrhizan koloniserar de nyplanterade rötterna och då kanske det ändå är ett alternativ. Speciellt om det gäller växter som tar god tid på sig i starten. Risken är annars att de växterna går förlorade vilket kan minska den mångfald som var målet från början.

Efter att ha studerat olika forskningsprojekt från flera delar av norra halvklotet kan slutsatsen dras att det är fullt möjligt att använda sig av mykorrhizainokulering inom landskapsrestaurering i Sverige. Dock kommer det nog inte bli någon stor revolution i restaureringssammanhang då det ofta finns eller tillkommer naturligt mykorrhiza efter en viss tid. Det kan då diskuteras om det är nödvändigt att inokulera växterna alls men hur behovet ser ut i Sverige behövs det fler studier på.

Anläggare och restaurerare arbetar ofta med en budget som kanske inte rättfärdigar inköpen. För att ta reda på om inokulering med AMF används i någon form under plantskoleproduktion eller anläggning i Sverige hade en utförlig intervjustudie behövt göras.

Utav de metoder som finns verkar det i slutändan bara vara några som används. Det gäller både olika forskningsprojekt samt de inokulum som finns på marknaden. En av metoderna som dock användes i flera studier var att inokulera i ett hål i substratet eller jorden vilket kanske visar på att det är en lite mer etablerad metod än de andra. Vilken av metoderna som är mest effektiv är svårt att säga då det verkar vara skilda förhållanden på de olika platserna som påverkar vilket slutresultatet blir.

Sökningar visar att det finns några produkter på den svenska marknaden. Produkterna är relativt lika varandra och ett bredare utbud skulle kanske påverka antalet som använder sig av inokulat. Det behövs även en djupare studie på hur effektiva de inokulaten är jämfört mot varandra.

4.1 Slutsats

Det finns några AMF- produkter på den svenska marknaden. Det finns även ett antal metoder kan användas vid inokulering med mykorrhizasvampar, exempelvis att placera inokulum i hål i marken eller i substratet. I slutändan finns det absolut möjlighet att påverka etableringen med hjälp av AMF-inokulering inom landskapsrestaurering. Dock bör det finnas i åtanke att även om mykorrhizasymbiosen är viktig är det i slutändan samspel mellan flera olika mikroorganismer i marken som skapar den bästa tillväxten och etableringen.

5. Referenser

- Aprahamian, A., Lulow, M.E., Major, M.R., Balazs, K.R., Treseder, K.K. & Maltz, M.R. (2016). Arbuscular mycorrhizal inoculation in coastal sage scrub restoration. *Botany*, vol. 94 (6), ss. 493-499. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjb-2015-0226>
- Carpio, L.A., Davies, F.T. & Arnold, M.A. (2003). Effect of commercial arbuscular mycorrhizal fungi on growth, survivability, and subsequent landscape performance of selected container grown nursery crops. *Journal of Environmental Horticulture*, vol. 21 (4), ss 190-195. Tillgänglig: <https://www.hrijournal.org/doi/abs/10.24266/0738-2898-21.4.190> [2019-01-28]
- Caspersen, S. (1999). Mykorrhiza kan främja växthälsa. *Fakta Trädgård 4*. SLU, Uppsala. Tillgänglig: <https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forsk/popvet-dok/faktatradgard/pdf99/tr.99-04.pdf> [2019-03-07]
- Caspersen, S. & Kron, M. (2008) *Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization in peat-based growing substrates*. Nordiska jordbruksforskarens förening. (NJF Report 2008 Vol. 4 Nr. 4). Tillgänglig: http://www.vaxteko.nu/html/sll/njf/utredn_rapporter/NUR08-04/NUR08-04Y.PDF [2019-03-07]
- Caspersen, S., Nilsson, E., Idman, A., Rosander, M. & Holefors, A. (2014). *Trädgårdsblåbär och mykorrhiza - sort, substrat och gödsling avgörande*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. LTV-fakultetens faktablad 2014:11. Tillgänglig: <https://pub.epsilon.slu.se/11484/> [2019-03-07]
- Chagnon, P., Bradley, R.L., Maherli, H. & Klironomos, J.N (2013). A trait-based framework to understand life history of mycorrhizal fungi. *Trends in Plant Science*, vol.18 (9), ss. 484-491 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.05.001>
- Chen, M., Arato, M., Borghi, L., Nouri, E. & Reinhardt, D. (2018). Beneficial services of arbuscular mycorrhizal fungi – from ecology to application. *Frontiers in Plant Science*, vol. 9, ss. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01270>

Corkidi, L., Allen, E.B., Merhaut, D., Allen, M.F., Downer, J., Bohn, J. & Evans, M. (2004). Assessing the infectivity of commercial mycorrhizal inoculants in plant nursery conditions. *Journal of Environmental Horticulture*, vol. 22 (3), ss. 149-154. Tillgänglig: <https://www.hrjournal.org/doi/abs/10.24266/0738-2898-22.3.149> [2019-02-18]

EBIC (u.å.). *Home*. Tillgänglig: <http://www.biostimulants.eu/> [2019-02-11]

Ecoturf (u.å.). *Premium Organic: TourTurf Bio Plant Activator*. Tillgänglig: <https://ecoturf.se/produkter/goedsel-granulat/tourturf-organic/tourturf-bio-plant-activator/> [2019-02-18]

EEA (2015). *State of nature in the EU Results from reporting under the nature directives 2007–2012*. Köpenhamn: European Environment Agency. (EEA Technical report No 2/2015) Tillgänglig: <https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-nature-in-the-eu> [2019-02-11]

Eulenstein, F., Tauschke, M., Behrendt, A., Monk, J., Schindler, U., Lana, M.A., & Monk, S. (2017). The application of mycorrhizal fungi and organic fertilisers in horticultural potting soils to improve water use efficiency of crops. *Horticulturae*, vol. 3, ss. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae3010008>

Fischer, L.K., von der Lippe, M., Rillig, M.C. & Kowarik, I. (2013). Creating novel urban grasslands by reintroducing native species in wasteland vegetation. *Biological Conservation*, vol 159, ss. 119-126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.11.028>

Fogelfors, H. (2015). *Vår Mat: Odling av åker och trädgårdsgrödor*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur.

Goss, M., Carvalho, M. & Brito, I. (2017). Chapter 3 - The roles of arbuscular mycorrhiza and current constraints to their intentional use in agriculture. *Functional Diversity of Mycorrhiza and Sustainable Agriculture*. 1. uppl. Elsevier Inc. ss. 39-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804244-1.00003-4>

Holl, K.D., Crone, E.E. & Schultz, C.B. (2003). Landscape restoration: moving from generalities to methodologies. *BioScience*, vol. 53 (5), ss. 491–502.

DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0491:LRMFGT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0491:LRMFGT]2.0.CO;2)

Ijdo, M., Cranenbrouck, S. & Declerck, S. (2011). Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future. *Mycorrhiza*, vol. 21, ss.1- 16. DOI:

<https://doi.org/10.1007/s00572-010-0337-z>

Kiehl, K., Kirmer, A., Donath, T. W., Rasran, L. & Hölzel, N. (2009). Species introduction in restoration projects – Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic and Applied Ecology*, vol. 11 (4), ss. 285-299. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.12.004>

Kling, M. (1998). Mykorrhiza – dold kraft i växtproduktionen. *Fakta Jordbruk 13*. SLU.

Uppsala. Tillgänglig: <https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktajordbruk/pdf98/jo98-13.pdf> [2019-03-06]

Koziol, L. & Bever, J.D. (2016). AMF, phylogeny, and succession: specificity of response to mycorrhizal fungi increases for late-successional plants. *Ecosphere*. vol. 7 (11), ss. 1–11.

DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.1555>

Koziol, L. & Bever, J.D. (2017). The missing link in grassland restoration: arbuscular mycorrhizal fungi inoculation increases plant diversity and accelerates succession. *Journal of Applied Ecology*, vol. 54 (5), ss. 1301–1309. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12843>

Koziol, L., Schultz, P.A., Bever, J.D., House, G., Bauer, J. & Middleton, E. (2017). *USER MANUAL A Practical Guide to Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Ecological Restoration*. Lawrence: University of Kansas. Tillgänglig:

<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1042964.pdf> [2019-01-28]

Maltz, M.R. & Treseder, K.K. (2015). Sources of inocula influence mycorrhizal colonization of plants in restoration projects: a meta-analysis. *Restoration Ecology*, vol. 23 (5), ss. 625–

634. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12231>

Muchovej, R.M. (2001). *Importance of mycorrhizae for agricultural crops*. SS-AGR-170, Agronomy Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Tillgänglig: <http://ritlee.co.za/wp-content/uploads/2017/04/mychorrhizae.pdf> [2019-03-20]

Mycorrhizal applications (2019). *Mycorrhizal Applications Products*. Tillgänglig: <https://mycorrhizae.com/mycoapply-products/> [2019-01-28]

Mykorrhiza (2018). *OFFYOUROW- Standard*. Tillgänglig: <https://www.mykorrhiza.nu/professionell/offyougrow-standard> [2019-01-29]

Nath, D. & Meena, V.S. (2018). Mycorrhizae: A potential microorganism and its implication in agriculture. I: Meena V. (red) *Role of Rhizospheric Microbes in Soil*. Springer, Singapore, ss. 251-276. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-8402-7_10

Nyokia, D. & Ndakidemi, P.A. (2018). Rhizobium inoculation reduces P and K fertilization requirement in corn-soybean intercropping. *Rhizosphere*, vol. 5, ss. 51-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.12.002>

O'Callaghan, M. (2016). Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 100 (13), ss. 5729-5746. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7590-9>

Olssons Frö (u.å.). *Olssons Frö Bivaxter*. [Broschyr]. Helsingborg: Olssons Frö AB. Tillgänglig: [http://www.olssonsfro.se/db_img/file/Biv_xter\(1\).pdf](http://www.olssonsfro.se/db_img/file/Biv_xter(1).pdf) [2019-02-13]

OMRI (2019). *Welcome to the organic materials review institute*. Tillgänglig: <https://www.omri.org/> [2019-03-21]

PlantWorks (2019). *RGPro for Landscaping*. Tillgänglig: <http://rootgrow.co.uk/landscapers/> [2019-02-12]

Promix (u.å.). *Pro-Mix by Mycorrhizae*. Tillgänglig:

<https://www.pthorticulture.com/en/products/pro-mix-bx-mycorrhizae/#tab:product-specification> [2019-01-28]

Püschel, D., Rydlová, J. & Vosátka, M. (2014). Can mycorrhizal inoculation stimulate the growth and flowering of peat-grown ornamental plants under standard or reduced watering? *Applied Soil Ecology*, vol. 80, ss. 93-99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.04.001>

Riksantikvarieämbetet (2017). *Restaurering av kulturlandskap*. Tillgänglig:

<https://www.raa.se/kulturarv/landskap/landskapsvard/restaurering-av-kulturlandskap/> [2019-01-28]

Rouphael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., Agnolucci, M., De Pascalea, S., Boninif, P. & Colla, G. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, vol. 196, ss. 91-108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.002>

Sabatino, L., D'Anna, F., Torta, L., Ferrara, G. & Iapichino, G. (2018). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on *Gazania rigens* pot plant cultivation in a mediterranean environment. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, vol. 47 (1), ss. 221-226. DOI: <http://dx.doi.org/10.15835/nbha47111272>

SER (2004). *The SER international primer on ecological restoration*. Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group, Version 2. Tucson. Tillgänglig: https://www.ctahr.hawaii.edu/littonc/PDFs/682_SERPrimer.pdf [2019-02-11]

Sjöberg, J., Persson, P., Mårtensson, A., Mattsson, L., Adholeya, A. & Alström, S. (2004). Occurrence of Glomeromycota spores and some arbuscular mycorrhiza fungal species in arable fields in Sweden. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, vol. 54 (4), ss. 202-212. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710410030294>

Thomsen, C.N. & Hart, M.M. (2018). Using invasion theory to predict the fate of arbuscular mycorrhizal fungal inoculants. *Biological Invasions*, vol. 20 (10), ss. 2695–2706. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1746-8>

VegTech (u.å.). *Vegetationsteknik*. Tillgänglig: <https://www.vegtech.se> [2019-02-11]

Vestberg & Kukkonen (2008). Performance of AM fungi in peat substrates in greenhouse and field studies. I: *COST 870 meeting "From production to application of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural systems: a multidisciplinary approach"*. Århus Universitet, 27–30 Maj, 2008, Denmark ss. 25–26 Tillgänglig: <https://pdfs.semanticscholar.org/9dfa/2d8d8109e48103df9b996257dc9311730358.pdf> [2019-02-11]

Vosátka, M., Albrechtová, J. & Patten, R. (2008). The international market development for mycorrhizal technology I: Varma, A. (red) *Mycorrhiza*. 3. uppl. Berlin: Springer, ss 419–438. Tillgänglig: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-540-78826-3.pdf> [2019-01-29]

Wesche, K., Krause, B., Culmsee, H. & Leuschner, C. (2012). Fifty years of change in Central European grassland vegetation: Large losses in species richness and animal-pollinated plants. *Biological Conservation*, vol. 150 (1), ss. 76-85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.02.015>

White, J.A., Tallaksen, J. & Charvat, I. (2008). The effects of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation at a roadside prairie restoration site. *Mycologica*, vol.100 (1), ss. 6-11. DOI: <https://doi.org/10.1080/15572536.2008.11832494>

Zhang, T., Sun, Y., Shi, S. & Feng, G. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungi can accelerate the restoration of degraded spring grassland in central asia. *Rangeland Ecology & Management*, vol. 65 (4), ss. 426-432. DOI: <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00016.1>

Öpik, M., Moora, M., Liira, J. & Zobel, M. (2006). Composition of root-colonizing arbuscular mycorrhizal fungal communities in different ecosystems around the globe. *Journal of Ecology*, vol. 94, ss. 778–790. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01136.x>