
**MYKORRITSASIIROSTUKSEN VAIKUTUS
SAMMALLEIMUN PISTOKKAIDEN JUURTUMISEEN**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Puutarhatalouden koulutusohjelma

Lepaa, kevät 2014

Saila Grönholm

LEPAA
Puutarhatalouden koulutusohjelma
Kasvihuone- ja taimitarhatuotanto

Tekijä	Saila Grönholm	Vuosi 2014
Työn nimi	Mykorritsasiirroituksen vaikutus sammalleimun pistokkaiden juurtumiseen	

TIIVISTELMÄ

Kasvit hyötyvät mykorritsasymbioosista monella eri tavalla. Ennen kaikkea sienijuuri avustaa kasvia ravinteiden saannissa, mutta tämän lisäksi symbioosista on kasville hyötyä myös esimerkiksi vedensaannissa sekä tautien vastustuskyvyssä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää millaisia vaikutuksia mykorritsasiirroituksella on sammalleimun *Phlox subulata* pistokkaiden juurtumiseen. Koeosuudessa vertailtiin kahta markkinoilla olevaa mykorritsavalmisteita neljään muuhun käsittelyyn. Muissa käsittelyissä oli käytössä kalkittu ja lannoittamaton turve, kalkittu ja lannoitettu turve, joiden pistokkaat eivät saaneet pistämisvaiheessa mykorritsasiirroituskäsittelyä sekä kalkittu ja lannoitettu turve, joiden pistokkaat saivat joko hieta- tai puhtaan geelikäsittelyn.

Tulosten mukaan tutkituilla mykorritsavalmisteilla ei ollut merkittävää vaikutusta sammalleimun pistokkaiden juurtumiseen. Mykorritsasiirroituksen saaneet pistokkaat juurtuivat kokeessa vähintään yhtä hyvin kuin käsittelemättömät pistokkaat. Heikoiten kokeessa juurtuivat ja kasvoivat lannoittamattomat pistokkaat.

Avainsanat Mykorritsa, *Phlox subulata*, siirrostus, pistokas

Sivut 34 s. + liitteet 2 s.

LEPAA
Degree Programme in Horticulture

Author	Saila Grönholm	Year 2014
Subject of Bachelor's thesis	The Effect of Mycorrhizae Inoculation on Rooting cuttings of <i>Phlox subulata</i>	

ABSTRACT

Mycorrhizae symbiosis is useful for its host plant in many ways. Of all things mycorrhizae assists the plant in obtaining nutrients from soil. In addition to that mycorrhizae helps the plant to get water and it makes the host plant more tolerant against plant diseases.

The aim of this thesis was to find out what kind of effects mycorrhizae inoculation has on rooting the cuttings of *Phlox subulata*. The point of this experiment was to study two mycorrhizae products. These two mycorrhizae products were compared to four other treatments. Every treatment, apart from treatment number 1, contained peat with lime and fertilizer. Peat in treatment number 1 were only limed. In addition to that cuttings in treatments 3 and 5 were dipped to fine sand or gel.

According to the results mycorrhizae products did not have significant affects to the rooting and growth of the cuttings of *Phlox subulata*. Cuttings with mycorrhizae inoculation rooted as well as other four treatments. The rooting and growth of the cuttings were poor in unfertilized treatment.

Keywords Mycorrhizae, *Phlox subulata*, inoculation, cutting

Pages 34 p. + appendices 2 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	MYKORRITSA.....	2
2.1	Mykorrhitsatyypit.....	3
2.1.1	Ektomykorrhitsa	3
2.1.2	Endomykorrhitsa	4
2.1.3	VA-mykorrhitsa.....	4
2.1.4	Muita mykorrhitsatyyppejä	5
3	MYKORRITSAN HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISUUDET	5
3.1	VA- mykorrhitsan vaikutus kasviin	6
3.1.1	VA-mykorrhitsa ja kasvin terveys.....	6
3.2	VA- mykorrhitsan hyödyntämismahdollisuudet	7
3.2.1	Arbuskelimykorrhitsan hyödyntämisen ongelmat.....	8
4	AINEISTO JA MENETELMÄT	8
4.1	Kokeen valmistelu.....	8
4.2	Koejärjestelyt	9
4.2.1	Käsittelyt.....	10
4.3	Kokeen aloitus.....	11
4.4	Kokeen hoito	15
4.5	Mittaukset ja havainnointi.....	17
5	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	19
5.1	Juuriston määrä	20
5.2	Juuriston kunto	22
5.3	Pistokkaiden kasvu.....	25
5.4	Kuolleiden määrä	28
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	30
	LÄHTEET	34

Liite 1 Koesuunnitelma

1 JOHDANTO

Mykorrhitsa on kasvin juuren ja sen kanssa vuorovaikutuksessa elävän sienirihmaston muodostama symbioosi (Vestberg 1997, 40). Sienirihmaston ja sen isäntäkasvin muodostama symbioosi on kasvien maailmassa hyvin yleinen. Jopa 95 % maailman tunnetuista kasveista muodostaa sienijuurisymbioosin. (Kytöviita 2006, 84 - 89.) Mykorrhitsat voidaan jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään. Tämän jaottelun mukaan on olemassa endomykorritsoja ja ektomykorritsoja. Endomykorritsat tunkeutuvat sienirihmastoollaan kasvin juurisoluihin kun taas ektomykorritsat puolestaan peittävät vain juuren pinnan. (Haanpää 1999.)

Sienijuurisymbioosi toimii kasvin ja sienirihmaston välillä niin, että symbioosin sieni luovuttaa isäntäkasvinsa käyttöön maaperästä ottamia ravinteita. Isäntäkasvi puolestaan luovuttaa sienelle yhteytämistuotteita. Ravinteidenoton lisäksi sienijuuresta on hyötyä isäntäkasvilleen myös muilla tavoin. Mykorrhitsa muun muassa avustaa isäntäkasviaan vedensaannissa ja tutkimuksissa on lisäksi myös todettu sienijuurisymbioosissa elävien kasvien olevan elinvoimaisempia ja näin ollen myös vastustuskykyisempiä tauteja vastaan. (Kytöviita 2006, 84 - 89.)

Mykorrhitsojen hyödyntämismahdollisuuksia on tutkittu paljon. Suomessa mykorrhitsojen hyödyntämistä on tutkittu muun muassa MTT:n Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasemalla. Näissä tutkimuksissa on muun muassa pyritty eristämään suomalaisia VA-mykorrhitsakantoja ja hyödyntämään tehokkaita kantoja kasvinviljelyssä sekä selvittämään VA-mykorrhitsan käyttömahdollisuuksia viljelykasvien tuotannossa. (Vestberg 1992, 94 - 100.)

MTT:n Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasemalla on vuosien aikana tehty tutkimuksia, joissa on pyritty selvittämään VA- mykorrhitsan käyttömahdollisuuksia viljelykasvien tuotannossa. Tutkimuksia on tehty vuodesta 1988 lähtien ja seuraavassa on esitelty näistä kokeista muutamia. Tutkimuksissa löydettyjä mykorrhitsakantoja on MTT:n Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasemalla testattu muun muassa mikrolisättyjen mansikantaimien ja purjon viljelyssä. Mansikan osalta mykorrhitsaympäyksestä oli muun muassa hyötyä kasvin vegetatiivisessa kasvussa. Purjon kohdalla kahden VA-mykorrhitsakannan todettiin lisäävän peltokokeissa purjon tuoretasoa keskimäärin 56 ja 71 prosenttia. (Vestberg 1992, 94 - 100.)

MTT:n Laukaan yksikössä on tutkittu myös mykorrhitsasiirrostuksen vaikutuksia muun muassa moniin mauste- ja lääkekasveihin, kesäkukkiin kuten samettikukka, orvokki ja pelargonia, monivuotisista marja- ja hedelmäkasveista vadelmaan ja mesimarjaan, sekä omenan perusrunkoihin ja luumupuihin ja tyrniin. Tämän lisäksi koristekasvi puolella siirrostuksen vaikutuksia on tutkittu esimerkiksi syysleimulla, kurjenpolvella, inkaliljalla, kuunliljalla sekä ruusulla. Koristekasvien kohdalla tuloksia on saatu muun muassa koristearvon ja kukkien lukumäärän lisääntymisestä. Myös pistokaslisäyksen puolella on saatu mykorrhitsasiirrostuksista positiivisia tuloksia. VA-mykorrhitsailla on ollut positiivinen vaikutus erityisesti mikro-

lisättyjen puutarhakasvien juurtumisnopeuteen. Sieniymppäys on varmistanut kasvien sopeutumista steriileistä viljelyolosuhteista normaaleihin taimikasvatusolosuhteisiin. (Vestberg 2008, 79 - 82.), (Vestberg 1988, 49.), (Chang 1994, 187 - 190.)

Opinnäytetyön kokeellisessa osuudessa tutkittiin millaisia vaikutuksia mykorrhitsasiirrostuksella on sammalleimun pistokkaiden juurtumiseen. Kokeessa tutkittiin kahta markkinoilla olevaa mykorrhitsavalmistetta, joista toinen oli jauhemainen mykorrhitsavalmiste ja toinen geelimäinen valmiste. Työn tilaajana toimi Hämeen ammattikorkeakoulun Lepaan yksikkö. Oma kiinnostus aiheeseen sekä mahdollisuus löytää sammalleimun juurtumista edistävä mykorrhitsavalmiste innoittivat työn tekemiseen.

2 MYKORRITSA

Sana mykorrhitsa juontaa juurensa kreikkalaisista sanoista *mykes* ja *rhiza*, jotka tarkoittavat sientä ja juurta (Haanpää 1999). Mykorrhitsa on siis sienijuuri, joka on kasvin juuren ja sen kanssa vuorovaikutuksessa elävän sienirihmaston muodostama kokonaisuus. Tämä kasvin ja sienirihmaston muodostama kokonaisuus on symbioosi, jossa molemmat osapuolet hyötyvät vallitsevasta symbioosista. (Vestberg 1997, 40.)

Mykorrhitsasieni on hyvin vanha käsite. Esimerkiksi arbuskelimykorritsan muodostavien sienten arvellaan olleen avainasemassa kasvien siirtyessä vesielämästä kuivalle maalle noin 400 - 500 miljoonaa vuotta sitten. (Vestberg 2008, 79 - 82.) Vaikka osa mykorrhitsatyypeistä muodostaakin silmin nähtäviä rakenteita, ovat mikroskoopit oleellinen osa mykorritsojen tutkimisessa, sillä kaikissa tapauksissa sienijuuren lähempi tarkastelu vaatii mikroskoopin käyttöä. Tämän takia sienijuurisymbioosi löydettiin kunolla vasta 1800-luvulla, jolloin mikroskoopit yleistyivät ja mahdollistivat sienijuurien tarkemman tarkastelun. Tutkimusta on tehty pitkään ja sen jälkeen kun molekyyli menetelmät alkoivat kehittyä 2000-luvulla, on tutkimusten avulla kyetty selvittämään tarkemmin mitkä sienilajit toimivat sienijuurisymbioosin sieniosakkaina. (Kytöviita 2006, 84 - 89.)

Sienijuurisymbioosi on kasvien maailmassa erittäin yleinen käsite, sillä on tutkittu että kaikista maailman tunnetuista kasveista jopa 95 % on sellaisia kasveja, jotka kuuluvat sienijuurisymbioosin muodostaviin kasvisukuihin eivätkä menesty ilman mykorrhitsaa. Tällaisia mykorritsojen kanssa symbioosin muodostavia kasveja on muun muassa Suomessa suurin osa ruohovartisista kasveista. Toinen esimerkki on sanikkaiset, jotka muodostavat useiden muiden kasvien tapaan symbioosin arbuskelimykorritsan kanssa. (Kytöviita 2006, 84 - 89.), (Grönberg, 2009.)

Sienijuurisymbioosissa sieni luovuttaa kasville maaperästä ottamiaan ravinteita ja saa vuorostaan kasvilta yhteyttämistuotteita. Juurisien merkitys ei kuitenkaan rajoitu ekosysteemissä ja kasviyhteisössä pelkästään ravinteidenotossa avustamiseen, vaan sienijuurten merkitys kasville on paljon laajempi. (Kytöviita 2006, 84 - 89.) Ravinteidenotossa avustamisen lisäksi mykorrhitsat auttavat kasvia myös vedensaannissa. (Kytöviita 2006, 84 - 89.) Mykorrhitsasienen hyöty ravinteiden otossa ja vedensaannissa se-

littyy sillä, että mykorrittsasienien sienirihmastot toimivat kasvin juurikarvojen tavoin, mutta sienirihmastot kykenevät levittäytymään huomattavasti suuremmalle alalle kuin kasvin oma juuristo. Lisäksi AM- sienien muodostama rihmasto on bakteerien kanssa olennainen maan mururakennetta ylläpitävä tekijä ja näin ollen mykorritsa vähentää eroosiota. (Vestberg 1992, 94 - 100.)

Ravinteidenoton ja vedensaannin lisäksi symbioosin sieniosakkaat voivat estää muiden sienien tunkeutumista kasvin juureen. Kasvit, jotka ovat sienijuurisymbioosissa sienirihmaston kanssa, ovat todistetusti elinvoimaisempia ja siksi myös vastustuskykyisempiä tuholaisia vastaan kuin kasvit, jotka eivät muodosta sienijuurisymbioosia. (Kytöviita 2006, 84 - 89.) Mykorrittsasienten tehoa kasvitautien ennaltaehkäisyssä on myös tutkittu jonkin verran. On todettu, että sen lisäksi että sienijuuren tiedetään suojaavan isäntäkasvinsa juuria muodostamalla juuren pinnalle suojaavan vaipan, erittää sienijuuri kasvualueestaan myös antibioottisia aineita. Esimerkkinä voidaan mainita, että mykorrittsasienten on todettu estävän metsäpuilla muun muassa *Pythium*- ja *Rhizoctonia*- sukuisten haitallisten sienien kasvun. (Kytöviita 2006, 84 - 89.)

2.1 Mykorritsatyytit

Mykorritsatyyppijä on maailmassa olemassa useita erilaisia. Niiden ryhmittelyssä ja luokittelussa käytetään apuna sienien rakenteellisia ominaisuuksia ja ulkomuotoa. Mykorrittsasienet jaotellaan hieman lähteestä riippuen joko karkeasti kahteen ryhmään tai kolmeen eri ryhmään sienien ulkomuodon perusteella. Karkean jaottelun mukaan mykorrittsasieniä on siis kahdenlaisia. Sellaisia jotka tunkeutuvat sienirihmastollaan kasvin juurisoluihin ja sellaisia jotka peittävät vain juuren pinnan. Mykorritsoja, jotka tunkeutuvat kasvin juuren sisään, kutsutaan endomykorritsoiksi. Toisen tyyppin mykorritsoja puolestaan kutsutaan ektomykorritsoiksi. (Haanpää 1999)

2.1.1 Ektomykorritsa

Ektomykorritsa saa nimensä kreikan kielen sanasta *ekto*, joka tarkoittaa suomeksi ulkopuolella. Ektomykorritsa muodostuu monien puuvartisten kasvien ja useiden kotelo- ja kantasienten välille. Tämä mykorritsatyyppi on luonnossa yleinen, sillä ektomykorritsaa muodostavia sienilajeja on tuhansia. (Kytöviita 2006, 84 - 89.) Esimerkkejä ektomykorritsan isäntäkasvi heimoista on muun muassa *Pinaceae*, *Facaceae*, *Betulaceae* ja *Myrtaceae*. (Haanpää 1999) Ektomykorrittsasieniä on olemassa kahdenlaisia, osa niistä on erikoistunut yhteiselämään vain yhden tietyn puusuvun kanssa kun taas monet ektomykorrittsasienistä muodostavat symbioosin laajan isäntäkasvivalikoiman kanssa. (Kytöviita 2006, 84 - 89.)

Ektomykorrittsasymbioosin sieniosakas kasvaa kasvin juuren kärjen ympärille tiheänä verkkona. Ektomykorritsasta johtuen juurten kärjet paksuuntuvat ja haarautuvat ja niiden ympärille kehittyy tiivis sienirihmaston muodostama vaippa. Muodostuvasta vaipasta kasvaa sienirihmoja edelleen

ympäröivään maahan. Yksi ektomykorritsalle tunnusomainen piirre on Hartigin verkko, jonka sienet muodostaa juuren kuorikerroksen solujen väliin (Smith & Read, 2008, 189). Sen lisäksi että ektomykorrittsasymbioosissa sieniosakas kasvaa juuren kärjen ympärille, se kasvaa myös jonkin verran juuren solujen välitilassa kuitenkin solunsisäisiä rakenteita muodostamatta. Maan alla tapahtuvien mykorrittsasymbioosien lisäksi ektomykorrittsasienet kykenevät elämään myös maan pinnalla muodostaen itiöemiä. Esimerkkejä tällaisista ektomykorrittsasymbiooseista ovat sienestäjille tutut tatit, rouskut ja haperot. Koska ektomykorrittsasienet kykenevät lahoamaan maan orgaanista ainesta, esiintyvät ne yleensä kasvupaikoilla, joissa maaperän orgaanisen aineksen määrä on suuri. (Kytöviita 2006, 84 - 89.)

2.1.2 Endomykorritsa

Endomykorritsassa rihmasto kasvaa suurimmaksi osaksi juuren sisälle ja sen takia sienijuuren olemassa olon voi havaita vain mikroskoopilla. Endomykorrittsasienen kasvullinen rihmasto juuren solukossa voi olla joko solujen sisäistä tai solujen välistä. Endomykorritsan sienet muodostaa usein juuren soluissa pensasmaisesti haarottuneita haustorioita eli arbuskeleja ja vesikkeleitä eli rihmastorakkoja. Niiltä kuitenkin puuttuu ektomykorritsoista poiketen rakenteestaan ulkoinen rihmastovaippa ja Hartigin verkko. (Haanpää 1999.)

Endomykorritsat jaetaan sienilajin ja sen kasvutavan mukaan kolmeen alatyyppiin, jotka ovat vesikkeliarbuskeli mykorritsa (VAM), erikoidimykorrhiza ja orkideamykorritsa. Kaikkein yleisin näistä kolmesta alalajista on VA- mykorritsa. (Isoranta 1988.)

2.1.3 VA-mykorrhiza

Arbuskeleja ja vesikkeleitä muodostavia endomykorritsoja kutsutaan vesikkeliarbuskelimykorrhizoiksi (VAM). Arbuskelimykorrhizan kehityksen alkuvaiheessa symbioosin luonne on loisinta, mutta sienet kehittyessään ja kasvattaessa rihmasto juuresta ulospäin ympäröivään maahan luonne muuttuu loisinnasta mutualismiksi, koska rihmasto kykenee toimittamaan ravinteita ja vettä isäntakasvinsa käyttöön. (Vestberg 2008, 73 - 82.) Vesikkeliarbuskelimykorrhizat ovat alempia maasieniä, jotka kuuluvat *Glomales*- lahkoon ja ne jaetaan kuuteen sukuun, jotka ovat *Glomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora* ja *Scutellospora*. (Vestberg 1992, 94 - 100.)

Arbuskelimykorrhizat ovat mykorritsatyypeistä vanhimpia ja ne ovatkin kasvukunnassa yleisin sienijuurityyppi. Niitä esiintyy noin 90 % kaikista versokasveista (Vestberg 2008, 79 - 82), (Haanpää 1999), (Smith & Read, 2008, 11). Tähän suureen prosentimäärään lukeutuvat muun muassa suurin osa viljelykasveista ja Suomessa viljeltävistä kasveista vain ristikkukaiset (*Brassicaceae*), pinaattikasvit (*Chenopodiaceae*), *Cyperaceae* ja *Polygonaceae*- suvut sekä muutamat lupiinilajit eivät kuulu arbuskelimykorrhizasientien isäntakasveihin (Vestberg 1992, 94 - 100), (Haanpää

1999). Näin ollen vain harvat tuntemistamme hyötykasveista pärjäävät ilman mykorrhitsaa (Vestberg 2008, 79 - 82). Tämän lisäksi pitkään isäntäkasvilistaan kuuluu muun muassa paljas- ja koppisiemenisiä kasveja sekä saniaisia ja liekokasveja. Myös suurin osa ruohokasveista ja jotkut puuvartistet kasvit, kuten esimerkiksi osa lauhkean ja trooppisen kasvupaikan puista ja pensaista muodostavat symbioosin juuri arbuskelimykorritsan kanssa. (Smith & Read, 2008, 11 – 12, 40 – 41.), (Haanpää, 1999.)

VA-mykorrhitsat eivät ole vapaasti eläviä sieniä eivätkä ne kykene itsenäiseen kasvuun (Haanpää 1999). Ektomykorritsoista poiketen arbuskelimykorritsat eivät kykene hajottamaan maan orgaanista ainesta, joten niiden yleisimpiä esiintymispaikkoja ovat mineraalimaat, kuten esimerkiksi kedot ja niityt. (Kytöviita 2006, 84 - 89.) Mineraalimaiden lisäksi arbuskelimykorritsalle tunnusomainen ympäristö on lajirikas ekosysteemi, kun taas esimerkiksi ektomykorritsoja esiintyy tyypillisesti metsäekosysteemissä, jossa laji ja näin ollen myös isäntäkasvikirjo on selvästi pienempi (Smith & Read, 2008, 28 - 29).

2.1.4 Muita mykorrhitsatyyppejä

Ekto- ja endomykorritsojen lisäksi on olemassa ektendomykorritsa, joka on kahden aiemmin esitellyn mykorrhitsatyypin välimuoto. Entendomykorritsa tunkeutuu kasvin juurisolujen sisään muodostaen juuren ympärille tupen. Tämän lisäksi solujen väliin muodostuu myös ektomykorritsoille tunnusomainen Hartigin verkko. Yksi ektendomykorritsatyyppiin kuuluva mykorrhitsa on suhteellisen yleinen erikoidimykorritsa. Tämän mykorrhitsatyypin kanssa symbioosin muodostavat ainoastaan *Ericaceae*-heimoon kuuluvat kasvit. Esimerkkejä erikoidimykorritsa sienien isäntäkasveista ovat muun muassa kanerva (*Calluna vulgaris*), puolukka (*Vaccinium vitis-idaea*), mustikka (*Vaccinium myrtillus*) ja variksenmarja (*Empetrum nigrum*). Sienet, jotka muodostavat erikoidisymbioosin kykenevät lahottamaan orgaanista ainesta tehokkaasti ja sen takia tämän tyypin symbioosit ovat yleisimpiä paikoissa, joissa ravinteet ovat sitoutuneet orgaaniseen aineeseen ja joissa maaperässä vapaasti elävien lahottajaorganismien toiminta vapauttaa ravinteita hitaasti. (Kytöviita 2006, 84 – 89.), (Haanpää 1999.) Näiden yllä esiteltyjen mykorrhitsatyypien lisäksi on olemassa vielä muutamia muita tyyppejä, mutta tutkijoiden kesken ei ole täydellistä yksimielisyyttä näiden mykorrhitsatyypien luokituksesta. (Kytöviita 2006, 84 - 89).

3 MYKORRITSAN HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISUUDET

Koska VA- mykorrhitsasymbioosia esiintyy suurimmalla osalla puutarha- ja viljelykasveista, on sen toiminnan ja hyödyn tutkimiseen perehdytty jo pitkään ja tutkimuksia tehdään edelleen. Tulevaisuuden näkymät ovat hyvät, sillä mykorrhitsasienten avulla on muun muassa mahdollista vähentää elinympäristöämme kuormittavien lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttöä. (Vestberg 1993, 36 - 38.) Kaikkein suurin hyöty mykorrhitsasta saadaan avomaalla, jossa lannoitteiden osuudet kokonaiskustannuksista ovat huomattavasti suuremmat kuin kasvihuoneviljelyssä. Lisäksi kasvihuone-

viljelyssä kasvuun vaikuttavien tekijöiden kontrollointi on helpompaa kuin avomaalla viljeltäessä, jolloin mykorrhitsojen kyky lisätä kasvien ravinteiden ottoa ei ole niin arvokas ominaisuus kuin avomaaviljelyssä. Kasvihuoneessa viljeltäessä suurimmat hyödyt mykorrhitsasiirroituksista vaikuttavat liittyvän kukintaan ja sen laatuun sekä kasvuaikaan. (Isoranta 1988)

3.1 VA- mykorrhitsan vaikutus kasviin

Kuten aiemmin on mainittu, kasvin ja VA-mykorrhitsasiienen muodostamassa symbioosissa kasvi luovuttaa sienelle yhteyttämistuotteitaan. Arbuskelimykorritsa toimii isäntäkasvilleen niin sanottuna lisäjuuristona. (Vestberg 2008, 79 - 82.) Kaikkein eniten kasvi hyötyy VA- mykorrhitsasiienen kanssa muodostamastaan symbioosista vähäravinteisessa maassa. VA-mykorritsa nimittäin lisää erityisesti kasvin fosforin ottoa, mutta myös muiden ravinteiden, kuten esimerkiksi typen, sinkin ja kuparin ottoa. Vaikka fosforia on maassa paljon, on sitä kasveille käyttökelpoisessa muodossa vain alle 5 %. Tämän lisäksi fosfori on maanesteessä liukoisenakin hyvin hitaasti liikkuvaa, joten fosforivarastot kasvin juurten ympäriltä ovat usein nopeasti käytetty. Mykorrhitsasymbioosin etuna on myös se, että fosforin kulkeutuminen kasviin sienirihmaa pitkin on noin kymmenen kertaa nopeampaa kuin mykorrhitsattoman kasvin juuressa. (Vestberg 1992, 94 - 100.), (Isoranta 1988.) VA- mykorrhitsasymbioosista on todettu olevan hyötyä varsinkin sellaisille kasveille, joiden juuristo on lyhyt ja heikosti haaroitunut. Tällaiset kasvit ovat usein myös eniten riippuvaisia tämän tyyppisestä mykorrhitsasymbioosista. (Isoranta 1988.)

Ravinteiden oton lisäksi VA- mykorrhitsasta on kasville hyötyä vedensaannissa (Vestberg 1992, 94 - 100). Mykorritsa lisää veden absorptiopinta-alaa ja sienihyfyt laajentavat aluetta, josta kasvi voi ottaa vettä. Näin ollen mykorrhitsasiienen ansiosta kasvin vettä ja ravinteita ottavan juuriston pinta-ala voi lisääntyä jopa 10 - 100 -kertaiseksi ja sienirihmasto kykenee tunkeutumaan huomattavasti pienempiin maahuokosiin kuin kasvin oma juuristo. Tämän takia mykorrhitsasiienen kanssa muodostamasta symbioosista on hyötyä varsinkin kuivuuden aikana, jolloin vesi liikkuu maassa hitaasti. (Vestberg 2008, 79 - 82.), (Isoranta 1988.)

Myös mykorrhitsan kykyä vastustaa kasvitauteja on tutkittu jonkin verran. Tautiresistenssi selittyy muun muassa sillä, että VA- mykorrhitsasiienten on todettu erittävän juuren ympäristöön patogeeneja tappavia antibioottisia aineita. (Isoranta 1988.)

3.1.1 VA-mykorritsa ja kasvin terveys

VA-mykorrhitsan vaikutuksia kasvin terveyteen on selvitetty muun muassa juuriston sienipatogeenien, tauteja aiheuttavien juuriston nematodien, bakteeritautien sekä virus- ja lehvistötautien osalta. Kirjallisuudessa on alustavasti esitetty, että VAM-sieni vähentää maalevintäisiä tauteja tai haitallisten sienten aiheuttamien tautien vaikutuksia maassa. Lopullisten johtopäätösten laatiminen aiheesta on kuitenkin hankalaa ennen kuin on pystytty laajemmin tutkimaan eri tautien ja patogeenien reagoimista VA-

mykorrhitsaan. VA-mykorrhitsan vaikutukset nimittäin riippuvat niin isäntäkasvista kuin maaperän tilasta sekä VAM-sienen tyypistä. (Pfleger & Lindermann, 1994, 2 - 4.)

Pfleger esittää, että kasveilla, jotka ovat muodostaneet symbioosin VAM-sienen kanssa, haitallisten nematodien aiheuttamat tartunnat ovat lievempiä kuin kasveilla, jotka eivät ole symbioosissa arbuskelimykorrhitsan kanssa. Reaktiot kasvien välillä kuitenkin luonnollisesti vaihtelevat jonkin verran.

VA-mykorrhitsa voi muuttaa isäntäkasvinsa juuriston houkuttelevuutta haitallisten nematodien osalta. VA-mykorrhitsa voi lisäksi myös vaikuttaa kasvin elinvoimaisuuteen ja vähentää tartuntoja sekä näin ollen myös parantaa esimerkiksi viljelykasveista saatavaa satoa. (Pfleger & Lindermann, 1994, 3 - 4.)

VA-mykorrhitsan vaikutuksista bakteeritauteihin ei ole Pfliegerin mukaan vielä tarkkoja tutkimustuloksia, mutta virus ja lehvistötautien osalta tuloksia on saatu jonkin verran. Toisin kuin maalevintäisten tautien kohdalla, virusten ja muiden lehvistötautien aiheuttamat taudit eivät vähene kun on kyse VA-mykorrhitsan vaikutuksista. Tutkimusten mukaan vaikuttaisi jopa siltä, että virukset lisääntyvät nopeammin kasveissa, jotka ovat tekemisissä VAM-sienen kanssa kuin kasveissa, jotka eivät ole mykorrhitsasymbioosissa. (Pfleger & Lindermann, 1994, 4.)

3.2 VA- mykorrhitsan hyödyntämismahdollisuudet

VA- mykorrhitsan hyödyntämismahdollisuuksia kasvintuotannossa on tutkittu ja tutkitaan edelleen. Mykorrhitsojen hyödyntämiseen on kaksi tapaa. Ensimmäinen tapa hyödyntää mykorrhitsoja on eristää ja viljellä tehokkaita arbuskelimykorrhitsakantoja sekä siirrostaa niitä kylvettäviin tai istutettaviin kasveihin.

Koska VA-mykorrhitsaa esiintyy luontaisena suurimmassa osassa peltojamme, on toinen hyödyntämistapa koettaa suosia pellon luontaisia mykorrhitsoja. Luontaisten mykorrhitsojen suosiminen onnistuu esimerkiksi mykorrhitsaa haittaavan fosforilannoituksen kohtuuttamisella ja maapestisidien käytön vähentämisellä, muokkausintensiteetin vähentämisellä eli sisällyttämällä viljelykiertoon monivuotisia kasveja tai harjoittamalla suorakylvöä. (Vestberg 2008, 79 - 82.) Kaikki maataloudessa käytetyt kemialliset aineet eivät tutkimusten mukaan ole haitallisia mykorrhitsaille. Tällaisia ovat esimerkiksi hallitusti liukenevat lannoitteet, joiden käytöstä yhdessä mykorrhitsasientien kanssa on saatu positiivisia tuloksia. (Vestberg 1992, 94 - 100.) Kolmas tapa, jonka on todettu suosivan pellon luontaista mykorrhitsakantaa, on sisällyttää viljelykiertoon mykorrhitsaa suosivia kasveja. Esimerkkejä tällaisista kasveista ovat muun muassa sipuli, purjo, apila sekä muut palkokasvit ja porkkana. Kasveja, jotka puolestaan eivät suosi mykorrhitsaa, ovat esimerkiksi kaali, rypsi, sokerijuurikas ja tattari. Tällaisten kasvien toistuva käyttö viljelykierrossa luonnollisesti heikentää pellon mykorrhitsakantaa. (Vestberg 2008, 79 - 82.)

3.2.1 Arbuskelimykorrhitsan hyödyntämisen ongelmat

Vaikka arbuskelimykorrhisojen hyödyt tunnetaan nykypäivänä melko hyvin, on niiden laajamittaisen käytön esteenä kuitenkin vielä monia huomiota otettavia seikkoja.

Arbuskelimykorrhitsasienet ovat biotrofeja, joka tarkoittaa sitä että kyseiset sienet pystyvät elämään ja lisääntymään vain elävässä kasvissa. Tämän takia AM-sienten keinotekoinen valmistaminen on mahdotonta eikä niitä voida viljellä esimerkiksi keinotekoisilla alustoilla. (Vestberg 2008, 79 - 82.), (Chang 1994, 187 - 190.)

AM-siirrostuksen tutkimuksista saadut tulokset ovat käytännössä liian vaihtelevia, koska kasvinviljelyssä käytetyt menetelmät, kuten lannoitus ja kasvualustat, eivät aina suosi arbuskelimykorrhitsasymbioosia. Käytettäessä lannoitteita on oltava tarkkana, jotta lannoitustaso pysyy sellaisella tasolla, ettei siitä ole avomaaviljelyssä haittaa pellon luontaiselle mykorrhitsakanalle. Kasvihuoneviljelyssä oikea lannoitetaso tulee löytää sen takia, että liian korkea lannoitetaso käytettäessä mykorrhitsasiirrostuksen hyöty menetetään, koska kasvi ei tarvitse symbioosia saadakseen ravinteet käyttöönsä. Samaan tapaan myös vääränlaisten kasvinsuojeluaineiden käytöstä on haittaa mykorrhitsalle. Tämän takia kasvinsuojeluaineita tulisikin käyttää varoen ja varmistaa käytettävien aineiden vaikutus symbioosiin. (Isoranta 1988.)

Tällä hetkellä ei ole olemassa riittävästi erityyppisiä kohdekasveja varten eristettyjä ja viljeltyjä AM-sieniä, jotta hyötyjä ja käyttömahdollisuuksia voitaisiin tutkia luotettavammin. Kasvinjalostuksessa ei ole myöskään huomioitu kasvien riippuvuutta AM-sienistä, joten tulevaisuudessa kasvinjalostuksen avulla voitaisiin mahdollisesti kehittää kasvilajikkeita, joilla arbuskelimykorrhitsasienten hyödyntäminen olisi tehokkaampaa kuin nykyisillä viljelylajeilla ja -lajikkeilla. (Vestberg 2008, 79 - 82.)

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Opinnäytetyössä selvitettiin mykorrhitsasiirrostusten vaikutusta sammalleimun pistokkaiden juurtumiseen kasvihuoneolosuhteissa. Tutkimusosio toteutettiin 15.3 - 7.6.2013 välisenä aikana Hämeen ammattikorkeakoulun Lepaan yksikön tutkimuskasvihuoneessa. Koeosaston päivälämpötila oli kokeen aikana + 18 °C ja yölämpötila + 12 °C. Tuuletuslämpötilarajaksi asetettiin + 20 °C ja valotusaika koeosastolla oli klo 8-17.00. Kokeen päätyttyä pistokkaat jäivät kasvihuoneille odottamaan siirtoa jatkokasvatukseen Lepaan taimistolle.

4.1 Kokeen valmistelu

Kokeessa käytettäväksi materiaaliksi valittiin kotimainen sammalleimukanta *Phlox subulata* 'Maj'. Kyseinen lajike kasvaa noin 10 cm korkuiseksi ja kukkii vaaleanpunaisin kukinnoin touko-kesäkuussa (Sievänen 2011). Kasvivalinnassa sammalleimuun päädyttiin sen takia, että se on

yleinen kasvi, jota lisätään monilla taimistoilla pistokkaista. Näin ollen tutkimusosion tulokset palvelisivat useita viljelijöitä.

Taimet hankittiin Perenna Puutarha Pöntisiltä Kalkkisista. Emotaimet noudettiin puutarhalta 15.2.2013, missä ne oli nostettu lumen alta 14 - 15.2.2013 välisenä aikana. Noutovaiheessa kasvit olivat talvilevossa ja ne toimitettiin Lepaan kasvihuoneille viileään työskentelytilaan sulamaan. Taimet sulivat työskentelytilassa muutaman päivän ajan, jonka jälkeen ne siirrettiin koeosastolle. Siirron jälkeen aloitettiin kasvien kastelu. Ennen kokeen pystyttämistä emotaimia hyödettiin kasvihuoneessa noin kolme viikkoa. Tavoitteena oli, että hyödyn aikana emotaimet purkautuisivat talvilevosta ja aloittaisivat kasvun. Näin kasveista saatiin kerättyä uutta kasvua pistokasmateriaaliksi koetta varten.

4.2 Koejärjestelyt

Kyseessä oli lohkoittain satunnaistettu koe, jossa oli käytössä kaksi erillistä pöytää. Koejärjestelyt laadittiin niin, että kerranteita kokeessa oli yhteensä kahdeksan. Kerranteet järjestettiin pöydille niin, että kummallekin tuli yhteensä neljä kerrannetta. Pöydälle numero 1 sijoitettiin kerranteet 1-4 ja pöydälle numero 2 puolestaan sijoitettiin kerranteet 5-8. (Liite 1.)

Kokeessa käytettiin Plantekin 64- kennoja. Käsittelyjä kokeessa oli yhteensä kuusi erilaista. Käsittelyt järjestettiin niin, että yksi Plantekin kenno vastasi yhtä käsittelyä. Kerranteisiin käsittelyt puolestaan aseteltiin niin, että jokainen kerranne sisälsi jokaista käsittelyä yhden kappaleen. Näin ollen jokaisessa kerranteessa oli yhteensä kuusi kennoa ja koska kerranteita oli yhteensä 8, oli kennoja kokeessa kokonaisuudessaan yhteensä 48 kappaletta.

Kokeessa käytettyjen pistokkaiden kokonaismäärä oli 960 kpl. Pistokkaat jaettiin käsittelyiden välille niin, että jokainen kenno sisälsi yhteensä 20 pistokasta. Pistokkaat sijoitettiin kennojen keskelle, jolloin reunojen haittavaikutukset saatiin minimoitua ja kennoihin jäi tilaa suojariveille.



Kuva 1. Valmis kenno kokeen aloittamispäivänä 14.3.2013

Suojarivien kasveina käytettiin sammalleimun taimia, jotka saatiin MTT Laukaan tutkimusasemalta. Suojarivikasveista pistokasmateriaaliksi valittiin sekä väli- että latvapistokkaita ja yhteensä pistokkaita oli suojariveissä 344 kpl. Suojarivien pistokkaat asetettiin niin, että ne kiersivät pöytien reunoja.

4.2.1 Käsittelyt

Kokeessa käytettiin yhteensä kuutta erilaista käsittelyä. Käsittelyt nimettiin numeroin 1 - 6. Kaikki käsittelyt 1 - 6 olivat kalkittuja ja käsittelyt 2 - 6 olivat lisäksi myös lannoitettuja. Käsittelyt 1 ja 2 olivat täysin puhtaita käsittelyitä, joissa ei käytetty lainkaan mykorritsavalmisteita tai muita verrannevalmisteita. Kyseisten käsittelyiden tuloksiin verrattiin muista käsittelyistä saatuja tuloksia, jolloin nähtiin oliko mykorritsavalmisteidien käytöllä vaikutusta sammalleimun pistokkaiden juurtumiseen. Käsittely numero 1 oli neutraali, mikä tarkoitti sitä, että käsittely sisälsi vain kalkitun Kekkilä Garden Natural kasvualustan. Käsittelyyn numero 2 puolestaan lisättiin lannoite, jotta nähtäisiin löytyykö eroja juurtumiseen siinä, saavatko pistokkaat juurtumisvaiheessa lannoitetta vai ei.

Kokeessa tutkittiin kahta markkinoilla olevaa mykorritsatuotetta. Ensimmäinen testattu mykorritsatuote oli jauhemainen mykorritsavalmiste, joka muun muassa sisältää kasveille hyödyllisiä mykorritsaitiöitä, kasvua edis-

täviä bakteereja ja orgaanisia ravinteita. Kokeessa käsittelyn numero 4 pistokkasiin lisättiin jauhemaista mykorrhitsavalmistetta.

Toinen kokeessa tutkittu mykorrhitsatuote oli geelimäinen mykorrhitsavalmiste. Kyseinen valmiste sisältää erilaisia *Glomus* suvun sieniä, kuten esimerkiksi *Glomus clarus* ja *Glomus intraradices* sieniä sekä erilaisia hyödyllisiä maaperän bakteereja ja sieniä. Geelimäinen mykorrhitsavalmiste valmistettiin siten, että kahteen desilitraan vettä sekoitettiin valmisteen mukana tullut geelijauhe. Tämän jälkeen geeliin sekoitettiin vielä tuotteen sisältämä mykorrhitsajauhe. Kokeessa käsittely, jossa pistokkaiden kärkiin lisättiin geelimäistä mykorrhitsavalmistetta, oli käsittely numero 6.

Jotta pistokkaille saatiin järjestettyä aloitusvaiheessa mahdollisimman samankaltaiset käsittelyt, valittiin mykorrhitsakäsittelyjen rinnalle verrannekäsittelyt. Näihin käsittelyihin valittiin sellaiset aineet, jotka olivat samankaltaiset käytettyjen mykorrhitsatuotteiden kanssa ja näin ollen myös tarjoaisivat pistokkaille samankaltaiset olosuhteet mykorrhitsakäsittelyiden kanssa juurtumisvaiheessa. Tämän lisäksi kyseisten käsittelyiden avulla haluttiin varmistaa, ettei käytetyillä siirrostusmenetelmistä ole haittaa pistokkaiden juuriston muodostamiselle. Jauhemaisten mykorrhitsavalmisteen rinnalle valittiin käsittely, jossa pistokkaat käytettiin hietajauheessa. Kyseinen hietäkäsittely oli kokeessa käsittely numero 3. Käsittelyn numero 6 verrannekäsittelyssä numero 5 puolestaan käytettiin geelimäisen mykorrhitsavalmisteen puhdasta geeliä, johon ei sekoitettu muita aineita. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Kokeessa tutkitut käsittelyt selityksineen

Käsittely	Selite
1	Ei mykorrhitsaa, ei lannoitetta
2	Ei mykorrhitsaa, lannoite
3	Hieta, lannoite
4	Jauhemainen mykorrhitsavalmiste, lannoite
5	Puhdas geeli, lannoite
6	Geelimäinen mykorrhitsavalmiste, lannoite

4.3 Kokeen aloitus

Opinnäytetyön koeosuus pystytettiin Lepaan kasvihuoneilla 14.3.2013. Kokeen alkuvalmisteluihin kuului kasvualustojen sekoittaminen sekä kennon täyttö. Kasvualustana kokeessa käytettiin Kekkilä Garden Natural turvetta, joka on sekä lannoittamaton että kalkitseminen turve. Puhtaaseen turpeeseen päädyttiin sen takia, että tällöin kasvualustan ominaisuuksia pystyttiin hallitsemaan helpommin ja niitä saatiin muokattua kokeen tarpeiden mukaisiksi. Turpeen pH oli 3,8 ja johtoluku puolestaan 0,3 mS/cm (Kekkilä 2013). Sekoituksen yhteydessä kasvualustaan sekoitettiin kalkki ja hallitusti liukeneva lannoite. Kalkkimäärät laskettiin suosituksen 6 - 9kg/m³ mukaan. Kasvualustaa sekoitettiin yhteensä 210 litraa. Suuren määrän takia kasvualusta sekoitettiin pienemmissä erissä ja kalkkimäärät

laskettiin kyseisten pienempien määrien mukaan. Yhteensä kalkkia sekoitettiin kasvualustaan 1260 g.

Lannoitteena kokeessa käytettiin Flora power multicote lannoitetta (15 - 7 - 15 (+2)). Lannoitemäärät kasvualustaan laskettiin suosituksen 2-3 kg/m³ mukaan. Koska kokeessa käytettiin ruukkujen sijaan kennoja, joissa lannoitemäärät eivät päässet tasoittumaan, laskettiin lannoitemäärä tarkasti niin, että jokaiseen pottiin saatiin saman verran lannoitetta ja näin ollen suurilta eroilta pottien välillä välttyttäisiin. Lannoitemäärä laskettiin yhden potin tilavuuden mukaan, joka on noin 1 dl. Tällöin lannoitemäärä yhtä pottia ja pistokasta kohti oli noin 0,28 g.

Kennot täytettiin ja kasteltiin etukäteen edellisenä päivänä ennen pistokkaiden pistämistä. Kennoihin kiinnitetyistä tarroista selvisivät tiedot käsittelyn numerosta ja koodista sekä kerranteen numerosta.

Kokeen perustamispäivänä emotaimista leikattiin käsin pistokasmateriaali. Materiaaliksi valittiin hyödyn seurauksena versonut uusi kasvu, joka oli kasvutavaltaan ruohomaista. Materiaaliksi valittiin 3 - 5 cm pituisia välipistokkaita. Leikkaamisen yhteydessä pistokasmateriaalista poistettiin käsin mahdolliset kukkanuput ja kukinnot, jotka vaikuttaisivat pistokkaiden juurtumiseen negatiivisesti. Yhteensä pistokkaita leikattiin kokeeseen 960 kpl.

Valmiit, leikatut pistokkaat säilytettiin pistämiseen asti astioissa ja niiden kosteudesta huolehdittiin sumuttamalla pistokkaita vedellä.



Kuva 2. Valmista pistokasmateriaalia 14.3.2013

Pistokkaiden pistäminen tapahtui selvyuden vuoksi kerranteittain. Koska pistokasmateriaali oli ruohomaista ja näin ollen haastavaa käsitellä, tehtiin pistämisvaiheessa potteihin aluksi valmiit kolot ohuella koulintapuikolla.

Pistokkaiden pistäminen suoritettiin yksi käsittely kerrallaan. Käsittelyiden numero 1 ja 2 pistokkaat pistettiin suoraan koulintapuikolla tehtyihin koloihin. Muiden käsittelyiden pistokkaiden pistämisessä puolestaan käytettiin joko mykorritsavalmisteita tai vaihtoehtoisesti verranne valmisteita. Käsittelyn numero 3 pistokkaat saivat ennen pistämistä hietakäsittelyn. Käsittely tapahtui niin, että aluksi pistokkaiden tyvet kastettiin ensin veteen, jonka jälkeen ne käytettiin astiassa, joka sisälsi hietaa. Hienorakenteinen hieta tarttui veden avulla pistokkaiden tyviin. Tämän jälkeen pistokkaat pistettiin kasvualustaan.

Käsittelyssä numero 4 pistokkaat saivat samankaltaisen käsittelyn kuin käsittelyssä 3. Hiedan sijaan pistokkaiden kärjet käytettiin astiassa, joka sisälsi jauhemaista mykorritsavalmistetta. Samaan tapaan kuin hietä, myös mykorritsavalmiste tarttui pistokkaiden kärkiin, jonka jälkeen pistokkaat pistettiin kasvualustaan.

Käsittelyssä numero 5 käytettiin puhdasta geeliä, joka oli samaa geeliä, jota käsittelyssä numero 6 käytettävä mykorritsavalmiste sisälsi. Tarkoituksena oli että käsittelyissä numero 5 ja 6 pistokkaat käytettiin ensin geelivalmisteissa, jonka jälkeen ne pistettiin kasvualustaan. Geelien käytössä kuitenkin ilmeni alkuun ongelmia, sillä koska pistokkaiden tyvet olivat hyvin ohuita, ei geeliä tarttunut niihin tarpeeksi kun kärjet käytettiin geeliastiassa. Tämän takia käsittelytapaa muutettiin niin, että koulintapuikkoa apuna käyttäen geelimäiset valmisteet lisättiin pistokkaiden kanssa kasvualustaan, jolloin geeliaines saatiin pistokkaan tyven läheisyyteen.



Kuva 3. Kokeessa käytetyt valmisteet. Järjestyksessä ylhäältä alas puhdas geeli, geelimäinen mykorritsavalmistete, hieta, jauhemainen mykorritsavalmistete

Syy miksi pistokkaat dipattiin käsittelyaineisiin valitulla tavalla oli se, että näin varmistettiin että mykorritsavalmisteteet saatiin heti alkuvaiheessa lähelle pistokkaiden tyveä ja muodostuvaa juuristoa. Jos valmisteteet olisi sekoitettu suoraan kasvualustaan, olisivat vaikutukset olleet mahdollisesti pienemmät.

Valmiit kennot siirrettiin kerranteittain koeosaston pöydille koesuunnitelman osoittamassa järjestyksessä (Liite 1). Suojarivien pistämisen lisäksi pöytien päälle rakennettiin seuraavana päivänä muovitunnelit.



Kuva 4. Pöytä 1 kokeen aloituspäivänä 14.3.2013

4.4 Kokeen hoito

Kokeen hoitotehtäviin kuuluivat kastelu, tunneleiden tuulettaminen, mahdollisten kukintojen ja rikkaruohojen poisto sekä tuholaisten ja tautien tarkkailu ja torjuminen.

Kastelut suoritettiin sumutuspullolla. Kyseinen vaihtoehto valittiin sen takia, että juurtumattomat pistokkaat eivät olisi kestäneet kovaa painetta kasteltaessa. Kokeen loppupuolella, kun pistokkaat alkoivat juurtua, vaihdettiin kastelutavaksi letkukastelu. Tällöin pistokkaita kasteltiin hajottajalla, jolloin paine saatiin edelleen pidettyä mahdollisimman matalana.

Kastelun tarve vaihteli kokeen aikana. Kokeen alkuvaiheessa pöytien päälle rakennetut tunnelit pitivät kosteuden hyvänä pitkään ja pistokkaita sumutettiin noin kaksi kertaa viikossa.

Tunneleiden tuuletuksesta huolehdittiin kokeen aikana. Tuuletukset järjestettiin kastelupäivien yhteydessä. Kokeen alkuvaiheessa tunneleiden päät avattiin muutamaksi tunniksi. Myöhemmin tuuletusaikaa pidennettiin kunnes ennen tunneleiden purkamista tunneleiden päät pidettiin auki jatkuvasti. Tällöin kosteus tunneleissa ei päässyt nousemaan liian korkeaksi ja pistokkaita saatiin totutettua tilanteeseen, jossa tunnelit purettiin kokonaan.

Tunnelit purettiin 11.5.2013, jolloin koe oli ollut pystyssä noin kaksi kuukautta. Purun jälkeen kastelutarvetta arvioitiin päivittäin. Koska pistokkaat alkoivat juurtua ja näin ollen myös niiden vedentarve lisääntyi, kasteltiin pistokkaita kokeen loppuaika tarpeen mukaan joko päivittäin tai joka toinen päivä.

Tuholaisten tarkkailusta huolehdittiin keltaisilla liima-ansoilla. Ansoihin kiinni jääneet tuholaiset ja hyönteiset tunnistettiin ja tarvittaessa torjunnasta huolehdittiin. Liima-ansat vaihdettiin kokeen aikana kolme kertaa, silloin jos koeosastolla oli torjuttu tuholaisia tai kun ansat olivat tulleet täyteen.

Kokeen aikana harsosääskiä torjuttiin kaksi kertaa, ensimmäisen kerran harsosääskiä torjuttiin 11.4.2013 ja toinen torjunta tapahtui 4.5.2013. Harsosääskiä torjuttiin sukkulamadoilla, jotka levitettiin suoraan kasvualustaan. Torjuntaa varten valmistettiin seos, jossa puhtaaseen veteen sekoitettiin sukkulamatovalmistetta pakkauksen ohjeen mukaisesti. Kyseinen seos kaadettiin sumutuspulloon, josta se levitettiin koeosaston pöydille. Koska kokeessa oli käytössä kennot, tuli sukkulamato-seos levittää tarkasti jokaiseen pottiin. Tällöin torjunta oli tehokkaampaa, koska sukkulamadot eivät pääse liikkumaan potista toiseen.

Myös rikkaruohojen torjunnasta huolehdittiin kokeen aikana. Rikkaruohojen kitkeminen oli tärkeää, jotta niiden juuristo ei sekoittaisi mittaustuloksia kokeen purkuvaiheessa.

Kokeen hoidon yhteydessä ei tullut suuria ongelmia. Haasteita kuitenkin toivat muun muassa kosteuden kanssa tasapainottelu, sillä kasvualusta ei saanut päästä liian kosteaksi. Pöytien päälle rakennetut tunnelit pitivät kosteuden tunneleissa korkeana ja sitä pyrittiin hallitsemaan tunneleiden tuuletuksella. Liika kosteus olisi ollut haitaksi mykorrhitsalle, joka ei viihdy liian kosteassa ja hapettomassa kasvualustassa. Lisäksi liiallisesta kosteudesta hyötyi myös harmaahome, jota ennen tunneleiden purkamista oli pistokkaissa runsaasti. Harmaahomeen osalta ongelma saatiin hallintaan, kun tunnelit purettiin ja harmaahomeen leviäminen pysähtyi.



Kuva 5. Kasvualustassa esiintynyttä tunnistamatonta sienikasvustoa 12.5.2013

Harmaahomeen lisäksi kasvualustaan ilmaantui kokeen aikana kanelihometta sekä tunnistamatonta sienikasvustoa. Kanelihomeen arveltiin tulleen kasvualustan mukana, kun taas sienikasvusto oli mahdollisesti myös seurausta kasvualustan kosteudesta. Suurimmat sienikasvustot poistettiin kasvualustasta käsin ja koska kanelihome oli juurtumista tutkivalle kokeelle harmiton, ei sitä ryhdytty kokeen aikana torjumaan.

4.5 Mittaukset ja havainnointi

Pistokkaiden kehitystä havainnoitiin kokeen aikana silmämääräisesti. Havainnoinnit tehtiin hoitokertojen yhteydessä ja niiden aikana seurattiin ennen kaikkea juurten kehitystä. Tämän lisäksi hoitokerroilla tarkkailtiin myös pistokkaiden yleistä kuntoa koko kokeen ajan.



Kuva 6. Juuriston tilanne käsittelyssä numero 5 19.5.2013

Koe purettiin 6 - 7.6.2013 välisenä aikana. Kokeen purun yhteydessä mitattiin pistokkaiden kasvu, arvioitiin juuriston määrää ja laatua sekä laskettiin kuolleiden koejäsenten määrä. Mittauksia tehtäessä käsittelyt arvioitiin kerranne kerrallaan. Jokaisesta käsittelystä mitattiin erikseen kaikki 20 koejäsentä ja lopuksi jokaisen käsittelyn mittaustuloksista laadittiin keskiarvot. Näitä käsittelyistä saatuja keskiarvoja vertailtiin tulosten tarkastelussa toisiinsa.

Pistokkaiden kasvua mitattaessa pistokkaista mitattiin viivoittimella versojen pituus. Haaroittuneista pistokkaista mitattiin samaan tapaan kaikki kasvu ja lopuksi versojen pituudet laskettiin yhteen, jolloin saatiin tietoon pistokkaiden kokonaiskasvu.

Juuriston määrää mitattaessa pistokkaiden juuristoa arvioitiin silmämääräisesti. Arvioinnissa käytettiin asteikkoa 0 - 5, jossa arvosana 0 tarkoitti juurtumatonta pistokasta ja arvosana 5 puolestaan vastasi tilannetta, jossa pistokas oli juurtunut hyvin ja juuristo oli pitkälle kehittynyt. Arvioinnin tueksi koejäsenistä koottiin malliasteikko, jota käytettiin apuna arvioinnissa.



Kuva 7. Malliasteikko 0 - 5 juuriston määrästä

Juuriston kuntoa arvioitaessa tarkkailtiin juuriston väriä ja yleistä kuntoa. Arviointi tehtiin silmämääräisesti ja sen pohjana käytettiin arviointiasteikkoa 0 - 3. Asteikossa arvosana 0 tarkoitti tilannetta, jossa juuristoa ei ollut nähtävissä lainkaan ja arvosana 3 vastasi puolestaan tilannetta, jossa pistokkaan juuristo oli terveen näköinen ja värinen.

Kuolleiden pistokkaiden määrä laskettiin jokaisesta käsittelystä erikseen. Arvioinnin yhteydessä pyrittiin löytämään syy pistokkaan kuolemiseksi.

5 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Tulokset analysoitiin varianssianalyysillä. Analyysissä käytettiin IBM SPSS Statistics 20 -ohjelmaa. Tulosten tarkastelussa käytettiin apuna General linear model -varianssianalyysiä. Analyysillä löydettiin käsittelyiden väliset tilastollisesti merkitsevät erot.

Varianssianalyysistä saatujen tulosten perusteella käsittelyiden välillä löytyi joitakin tilastollisesti merkitseviä eroja. Eroista kertoivat käsittelyiden analyysissä saamat luvut. Jos käsittelyn saama luku oli lähellä nollaa, tarkoitti se että kyseinen käsittely erosi jollakin tapaa muista käsittelyistä. Mitä lähempänä kyseinen luku oli nollaa, sitä merkitsevempiä luvun saaneen käsittelyn erot olivat verrattuihin käsittelyihin. Esimerkiksi tutkittaessa koejäsenten kasvua, varianssianalyysin tuloksista kävi ilmi, että käsittelyn 1 saamat tulokset poikkesivat muiden käsittelyiden tuloksista. Kyseisen käsittelyn saamat luvut olivat analyysissä 0,000-0,005 luokkaa, mikä

tarkoitti sitä, että kyseisen käsittelyn keskiarvot erosivat muiden käsittelyiden keskiarvoista suuresti.

Käsittelyiden välisten erojen lisäksi käytetyn varianssianalyysin tuloksissa tuli ilmi kerranteiden välisiä eroja. Eroja kerranteiden välillä löytyi jokaisesta tutkitusta ominaisuudesta, ja joissakin tapauksissa, kuten kuolleiden koejäsenten määrää tarkasteltaessa, erot olivat joidenkin käsittelyiden kohdalla hieman suurempia. Kerranteiden välisiä eroja tarkastellessa varianssianalyysin tuloksista selvisi, että tutkituissa ominaisuuksissa eniten muista kerranteista erosi kerranteen 4 tulokset.

5.1 Juuriston määrä

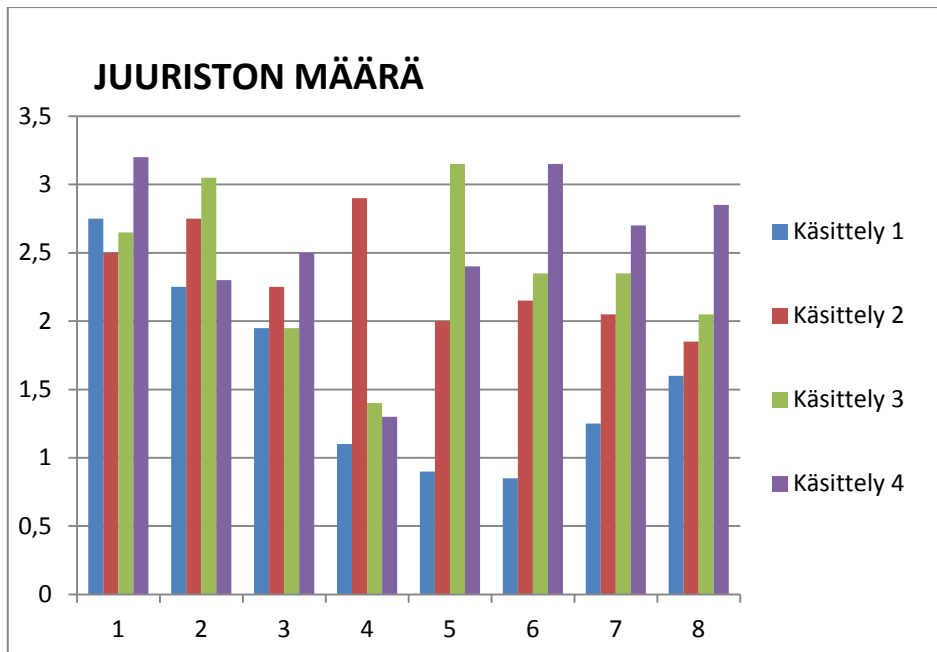
Tutkittaessa juuriston määrää pistokkaiden juuristoille annettiin arvosanat asteikolta 0 - 5. Tarkasteluissa saatiin käsittelyiden välillä hyvin samankaltaisia tuloksia. Taulukossa 2 on esiteltyinä kaikkien kahdeksan kerranteen yhteenlasketut keskiarvot käsittelyittäin tarkasteltaessa pistokkaiden juuriston määrää.

Taulukko 2. Käsittelyiden kokonaiskeskiarvot tarkasteltaessa juuriston määrää

Käsittely	Keskiarvo
1	1,58
2	2,31
3	2,37
4	2,55
5	2,13
6	2,33

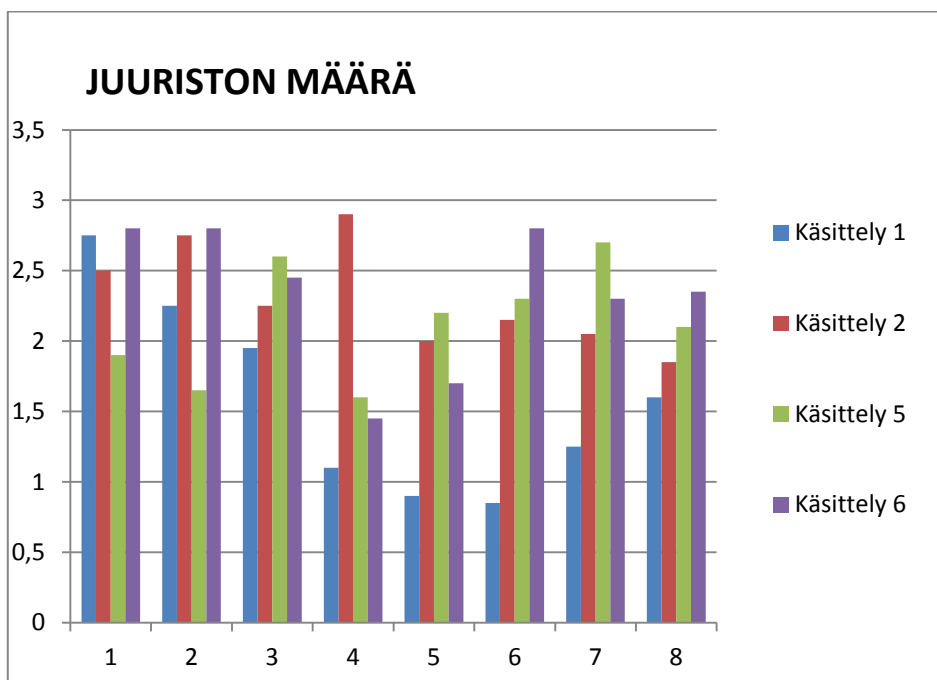
Juuriston määrää tarkasteltaessa käsittelyiden välillä ei syntynyt keskiarvoissa suuria eroja. Käsittelyn numero 1 kerranteiden keskiarvo kuitenkin poikkeaa eniten muista käsittelyistä. Kyseisen käsittelyn kokonaiskeskiarvo sijoittuu asteikolla 1,60 kohdalle, kun taas muiden käsittelyiden keskiarvot vaihtelevat 2,13 - 2,55 välillä. (Taulukko 2.)

Tarkasteltaessa jauhemaisen mykorritsavalmisteen eroja kerrannetasolla käsittelyihin 1, 2 ja 3 voidaan tarkemmin huomata, että merkittäviä eroja kyseisten käsittelyiden välille ei kokeessa syntynyt. Parhaimman arvostuksen käsittelyiden vertailussa sai mykorritsakäsittely, jonka keskiarvo kerranteessa 1 oli 3,20. Lähes samalle tasolle kuitenkin nousivat myös saman mykorritsakäsittelyn kerranne 6 ja hietakäsittelyn kerranteet 1 ja 5. Kyseisten kerranteiden keskiarvot olivat 3,15, 3,05 ja 3,15. Muiden kerranteiden osalta molempien käsittelyiden keskiarvot sijoittuivat asteikolla tasavertaisesti arvostuksen 2 ympärille ja matalimmat arvostukset saatiin käsittelyillä 1 keskiarvoilla 1,10, 0,90 ja 0,85. (Kuvio 1.)



Kuvio 1. Käsittelyiden 1-4 keskiarvot kerranteittain arvioitaessa juuriston määrää

Verrattaessa geelimäisen mykorritsavalmisteen eroja muihin käsittelyihin voidaan huomata, että tulokset juuriston määrässä ovat hyvin samankaltaiset kuin tarkasteltaessa käsittelyn 4 tuloksia. Vertailun parhain keskiarvo saatiin käsittelyssä 2, jossa kerranteen 4 keskiarvoksi saatiin 2,90. Lähes yhtä hyvin menestyivät kuitenkin myös geelimäisen mykorritsavalmisteen koejäsenet kerranteissa 1, 2 ja 6, joissa keskiarvot olivat kaikissa kolmessa kerranteessa 2,80. (Kuvio 2.)



Kuvio 2. Käsittelyiden 1, 2, 5 ja 6 keskiarvot kerranteittain arvioitaessa juuriston määrää

Selvästi muista kerranteista negatiivisesti erosi molempien mykorrhitsakäsittelyiden kohdalla kerranne 4. Kyseisessä kerranteessa käsittelyiden 4 ja 6 saamat keskiarvot olivat 1,3 ja 1,45. (Kuvio 1.) Syy tähän poikkeavuuteen verrattuna muihin kerranteisiin löytyy kerranteen 4 osalta kuolleiden koejäsenten määrästä. Koska kyseisessä kerranteessa kuolleita pistokkaita oli runsaasti, vaikuttivat kuolleiden pistokkaiden saamat 0 arvosanat juuriston määrän osalta saatuihin keskiarvoihin.

Vaikka kokeessa ei käsittelyiden välille muodostunut huomattavia eroja, olivat tulokset käsittelystä riippumatta kuitenkin kaiken kaikkiaan suhteellisen hyviä. Pistokkaat lähtivät kokeen aikana juurtumaan hyvin. Vaikka käsittelyiden saamat keskiarvot sijoittuvat arviointiasteikon puoliväliin, yksittäisiä tuloksia tarkastellessa jokaisesta käsittelystä löytyi myös useampi koejäsen, jotka saivat arvioinnissa erinomaisen arvosanan 4 tai 5.



Kuva 8. Vasemmalta oikealle käsittelyn 4 koejäsenet arvosanoilla 3 ja 5

5.2 Juuriston kunto

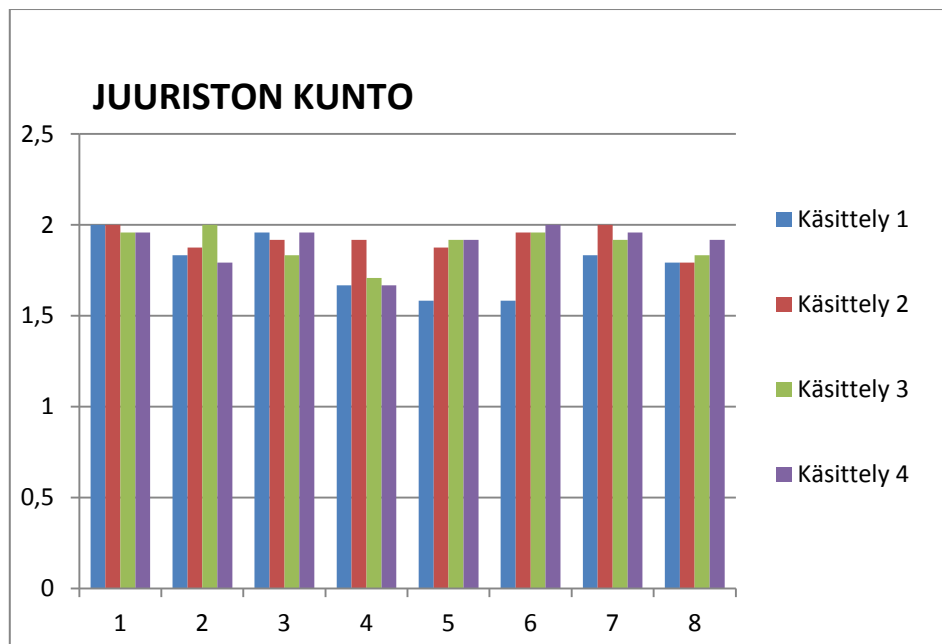
Arvioitaessa pistokkaiden juuriston kuntoa koejäsenille annettiin arvosana asteikolta 0 - 3. Taulukossa 3 on esiteltyinä kahdeksan kerranteen keskiarvot käsittelyittäin.

Taulukko 3. Käsittelyiden kokonaiskeskiarvot tarkasteltaessa juuriston kuntoa

Käsittely	Keskiarvo
1	1,78
2	1,92
3	1,89
4	1,90
5	1,86
6	1,90

Saadut arvosanat eivät poikkea suuresti toisistaan käsittelyiden välillä ja neljästä tutkitusta ominaisuudesta vähiten eroja käsittelyiden välille juuri tutkittaessa juuriston kuntoa. Käsittelyiden keskiarvot sijoittuivat arvioinnissa asteikon puoliväliin jääden hieman alle 2. (Taulukko 2.) Lukuun ottamatta kuolleiden koejäsenten saamia arvosanoja 0, kaikki koejäsenet saivat juuriston kunnan arvosanaksi 2 ja tätä pienempiä tai suurempia arvosanoja ei arvioinnissa jaettu.

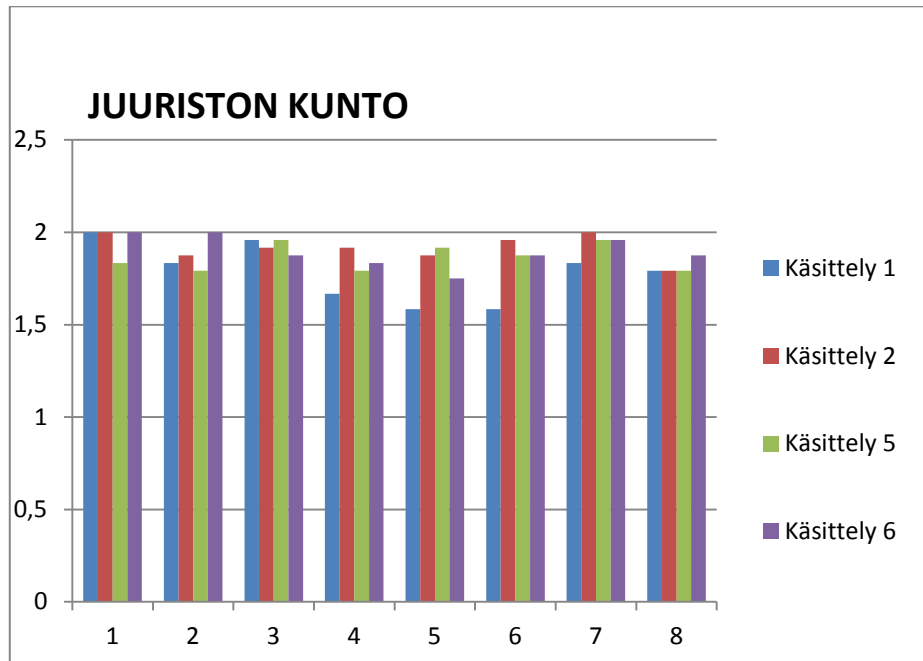
Tarkasteltaessa käsittelyn 4 eroja muihin käsittelyihin voidaan huomata, että erot käsittelyiden välillä olivat hyvin pieniä. Kaikkien käsittelyiden tulokset sijoittuivat noin 1,60 - 2,00 välille. (Kuvio 3.)



Kuvio 3. Käsittelyiden numero 1- 4 keskiarvot kerranteittain arvioitaessa juuriston kuntoa

Kerranteista huonoiten menestyivät jälleen kerranteen 4 koejäsenet. Kuten tarkasteltaessa juuriston määrää, myös arvioitaessa juuriston kuntoa kerranteen 4 tuloksiin vaikutti suuresti kuolleiden pistokkaiden määrä kyseisessä kerranteessa. Tarkastelussa tulee kuitenkin huomioida, että vaikka kerranteen 4 kohdalla on kyse alhaisimmista keskiarvoista, ovat erot muiden kerranteiden välillä hyvin pieniä ja vaihtelevat arviolta vain noin 0,5 pisteen sisällä. (Kuvio 3.)

Vertailtaessa käsittelyn 6 tuloksia muiden käsittelyiden tuloksiin, jäivät erot käsittelyiden välillä jälleen hyvin pieniksi, sillä tässäkin tapauksessa keskiarvot sijoittuvat välille 1,60 - 2,0. (Kuvio 4.)



Kuvio 4. Käsittelyiden 1, 2, 5 ja 6 keskiarvot kerranteittain arvioitaessa juuriston kuntoa

Matalimmat keskiarvot käsittelyn 6 osalta saatiin kerranteessa 4. Muiden käsittelyiden kohdalla huonoiten pärjäsivät kerranteen 4 lisäksi myös kerranteiden 2, 5, ja 8 koejäsenet. (Kuvio 4.)



Kuva 9. Esimerkki juuriston väristä arvosanalla 2

Arvioinnissa koejäsenten saama arvosana 2 johtui suurimmaksi osaksi siitä, että juuriston väri oli havaittavissa pientä kellertävyyttä. Muutoin juuristo oli terveennäköinen ja koejäsenten juuriston väri oli samanlaista käsittelystä riippumatta.

5.3 Pistokkaiden kasvu

Pistokkaiden kasvua tarkasteltaessa pistokkaista mitattiin versojen pituudet. Tilanteessa, jossa pistokas oli kasvattanut haaroittunutta kasvua, mitattiin kaikki versot ja saadut luvut laskettiin yhteen. Tällä tavoin saatiin selville pistokkaan kokonaiskasvu.



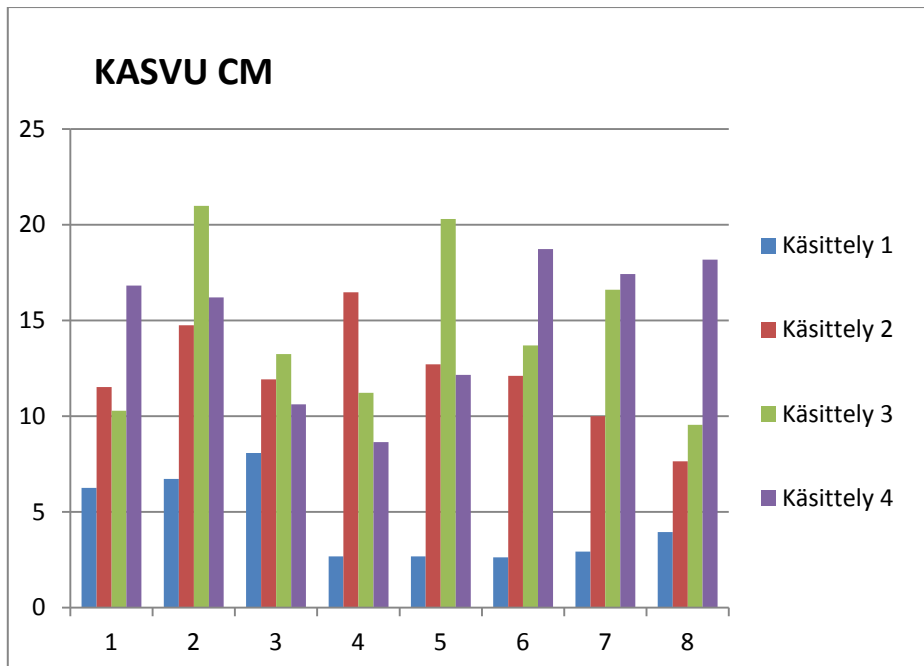
Kuva 10. Haaroittunutta kasvua kasvattanut pistokas käsittelyssä 3

Tutkituista ominaisuuksista eniten eroja saatiin käsittelyiden välille tarkasteltaessa pistokkaiden kasvua. Erot näkyivät parhaiten tarkasteltaessa mitaustuloksia pistokaskohtaisesti. Vaihtelua esiintyi sekä käsittelyiden välillä että myös käsittelyiden sisällä. Laskettaessa tulosten keskiarvot erot käsittelyiden välillä kuitenkin pienenevät, sillä tällöin yksittäisten tulosten vaikutus luonnollisesti pieneni.

Taulukko 4. Käsittelyiden kokonaiskeskiarvot tarkasteltaessa koejäsenten kasvua

Käsittely	Keskiarvo (cm)
1	4,49
2	12,14
3	14,48
4	14,85
5	12,06
6	14,28

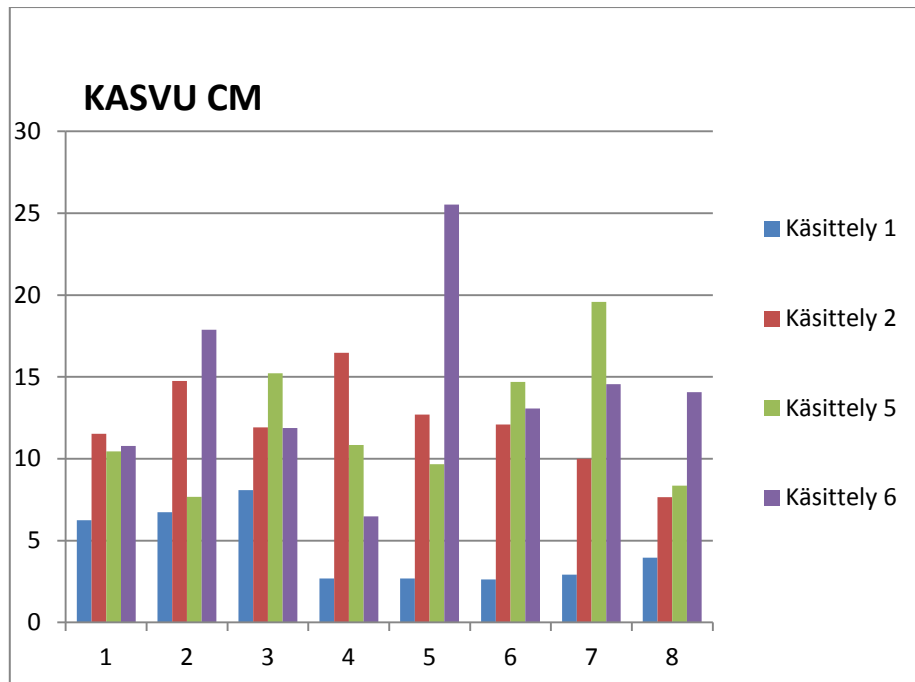
Taulukossa 4 on esiteltyä kaikkien kahdeksan kerranteen keskiarvot käsittelyittäin. Tarkasteltaessa keskiarvoja muista käsittelyistä selvästi poikkesi käsittelyn numero 1 tulokset (Taulukko 4). Kyseisen käsittelyn pistokkailla kasvu oli vähäisintä. Muissa käsittelyissä tulosten keskiarvot vaihtelivat 12 - 14,50 cm välillä ja eroa käsittelyn 1 keskiarvoihin tarkasteltaessa kerranteiden yhteenlaskettuja tuloksia oli suurimmillaan jopa 10 cm. (Taulukko 4.)



Kuvio 5. Käsittelyiden 1-4 keskiarvot kerranteittain mitattaessa koejäsenten kasvua

Kuviossa 5 on esiteltynä käsittelyiden 1 - 4 tulokset kerranteittain. Käsittelyistä edukseen erottuivat käsittelyiden 3 ja 4 keskiarvot. Hietakäsittelyn kohdalla korkeimmat keskiarvot saatiin kerranteissa 2 ja 5, joissa keskiarvoiksi saatiin 21,00 cm ja 20,50 cm. Jauhemaisen mykorrhitsavalmisteen kohdalla parhaimmat keskiarvot saatiin puolestaan kerranteissa 6,7 ja 8. Kyseisissä kerranteissa keskiarvot olivat 18,50 cm, 17,50 cm ja 18,00 cm. Korkeimpia keskiarvoja lukuun ottamatta kaikista käsittelyistä löytyi myös kerranteita, joissa pistokkaiden kasvu oli vähäisempää ja kuten taulukosta 5 voidaan huomata, vaihtelu kerranteiden välillä oli tässä tapauksessa suhteellisen suurta. (Kuvio 5.)

Geelimäisen mykorrhitsavalmisteen kohdalla muuten tasaisemmista tuloksista edukseen erosi käsittelyn 6 kerranne 5. Kyseisessä kerranteessa keskiarvoksi saatiin 25,50 cm. Muuten käsittelyiden keskiarvot vaihtelivat välillä 2,60 - 19,50 cm. Heikointa kasvu oli kaikista käsittelyistä käsittelyssä 1, jossa keskiarvot vaihtelivat välillä 2,60 - 8,00 cm. (Kuvio 6.)



Kuvio 6. Käsittelyiden 1, 2, 5 ja 6 keskiarvot kerranteittain mitattaessa koejäsenten kasvua

Kokeen aikana pistokkaat lähtivät juurtumisen jälkeen hyvään kasvuun ja ne kasvattivat sekä haaroittunutta että yksittäistä versoa. Tulosten puolesta olisi ollut mielenkiintoista selvittää, johtuiko tietynlainen kasvutapa käsittelyistä ja oliko tutkituilla mykorrittsavalmisteilla vaikutusta pistokkaiden kasvutapaan.

5.4 Kuolleiden määrä

Taulukkoon 5 on koottu kuolleiden pistokkaiden määrät prosentteina pistokkaiden kokonaislukumäärästä, joka oli 960 kpl. Yhteensä kuolleita pistokkaita oli kokeessa 145 pistokasta. Prosentteina tämä tarkoitti sitä, että 960 pistokkaasta oli kokeen päättyessä noin 15 % kuollut.

Taulukko 5. Kuolleiden pistokkaiden lukumäärät prosentteina pistokkaiden kokonaislukumäärästä

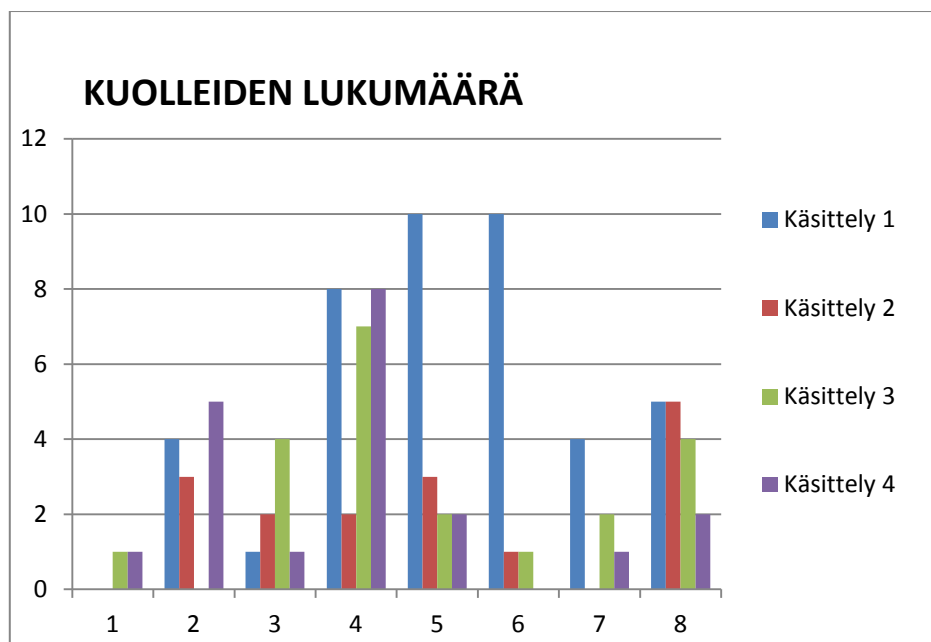
Käsittely	%
1	4,4
2	1,7
3	2,2
4	2,1
5	2,7
6	2,1

Eniten kuolleita koejäseniä oli kokeen päättyessä käsittelyssä 1, jossa kasvualustana oli kalkittu, mutta lannoittamaton turve (Taulukko 5). Kyseisessä käsittelyssä kuolleiden koejäsenten lukumäärä oli jopa kaksinkertainen verrattuna muihin käsittelyihin. Edukseen kuudesta tutkitusta käsittelystä erottui käsittely 2, jossa kuolleiden pistokkaiden kokonaislukumäärä

kaikista kuudesta käsittelystä oli pienin, 16 kpl. Myös mykorrittsasiirrostuksen saaneet käsittelyt 4 ja 6 pärjäsivät hyvin vertailtaessa kuolleiden koejäsenten määrää. Molemmissa käsittelyissä kuolleiden pistokkaiden kokonaislukumäärä oli 20 kpl. (Taulukko 5.)

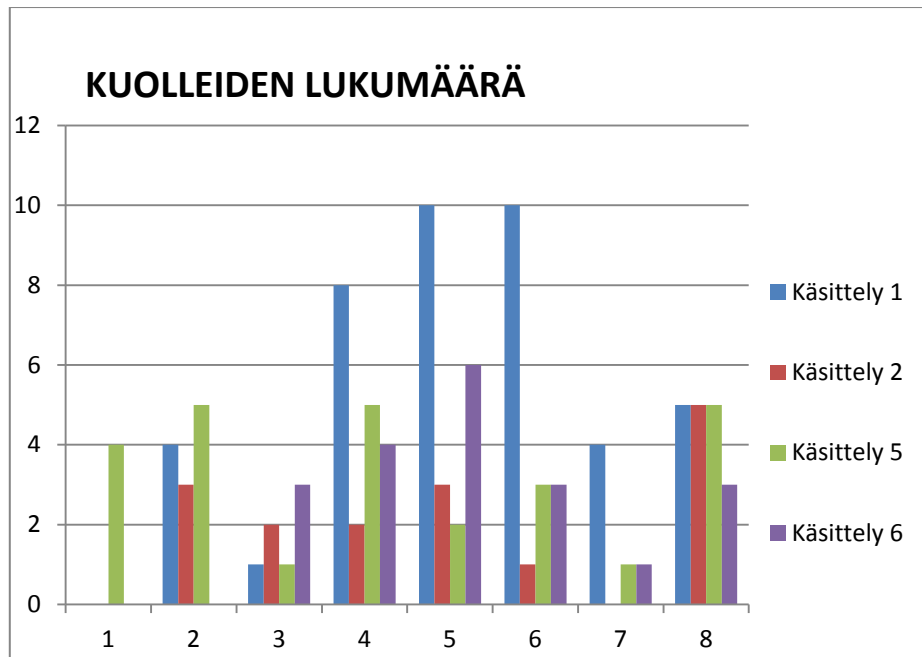
Jauhemaisen mykorrittsavalmisteen kohdalla kuolleiden pistokkaiden lukumäärä pysyi suhteellisen pienenä. Ainoastaan kerranteissa 2 ja 4 kuolleiden koejäsenten lukumäärä oli suurempi. Kerranteessa 2 lukumääräksi saatiin 5 pistokasta ja kerranteessa 4 vastaava lukumäärä oli 8 kpl. (Kuvio 7.)

Käsittelyssä 4 muiden kerranteiden lukumäärät jäivät 0 - 2 pistokkaan/käsittely. Kerranteita, joissa kuolleita koejäseniä ei koehen purkuvaiheessa ollut lainkaan, oli jauhemaisen mykorrittsavalmisteen kohdalla yksi. Kyseinen kerranne oli numero 6. (Kuvio 7.)



Kuvio 7. Käsittelyiden 1-4 kuolleiden pistokkaiden lukumäärät kerranteittain

Käsittelyiden 6 kohdalla kerrannekohtaiset tulokset tutkittaessa kuolleiden pistokkaiden lukumäärää jäivät hieman matalammaksi kuin jauhemaisen mykorrittsavalmisteen kohdalla. Käsittelyssä 6 kuolleiden pistokkaiden lukumäärät vaihtelivat kerranteittain 0 - 6 kpl välillä. Kerranteita, joissa kuolleita koejäseniä ei ollut lainkaan, oli kyseisessä käsittelyssä kaksi, kerranteet 1 ja 2. Saman käsittelyn tuloksista löytyi kuitenkin myös käsittelyn 5 ja 6 vertailun korkein lukumäärä, joka oli kerranteen 5 tulos 6 kpl. (Kuvio 8.)



Kuvio 8. Käsittelyiden 1, 2, 5 ja 6 kuolleiden pistokkaiden lukumäärät kerranteittain

Suurimmat lukumäärät tarkasteltaessa kuolleiden pistokkaiden lukumäärää saatiin molempien mykorrittsavalmisteiden kohdalla käsittelyssä 1. Kyseisen käsittelyn lukumäärät vaihtelivat välillä 0-10 kpl ja tulokset ovat selkeästi korkeimmat jopa kolmessa kerranteessa. Lukuun ottamatta käsittelyn 2 tulosta, yhteistä muille käsittelyille oli se, että kerranteessa 4 kuolleiden pistokkaiden lukumäärä oli suhteellisen suuri.

Verrattuna käsittelyihin 3 ja 4 käsittelyiden 5 ja 6 kohdalla tuloksissa saatiin hieman suuremmat erot käsittelyiden välille. Tarkasteltaessa kuviota 8 voidaan huomata, että käsittelyssä 5 oli kuolleita pistokkaita keskimääräisesti enemmän kuin käsittelyssä 6. Yhteensä kuolleita pistokkaita käsittelyssä 5 oli 26 kpl, kun taas käsittelyssä 6 kokonaislukumäärä oli puolestaan 20 kpl. (Kuvio 8). Jauhemaisen mykorrittsavalmisteen kohdalla ero hietäkäsittelyn kokonaislukumäärään jäi pienemmäksi, sillä käsittelyssä 4 lukumäärä oli 20 kpl ja käsittelyssä 3 21 kpl. (Kuvio 7.)

Tarkasteltaessa kuolleiden pistokkaiden lukumääriä tavoitteena oli myös löytää syy, miksi pistokkaat eivät pysyneet kokeen aikana hengissä. Varsinkin kokeen alkupuolella harmaahometta esiintyi koejäsenissä paljon. Tällä on ollut varmasti vaikutusta pistokkaiden menestymiseen kokeessa. Harmaahomeen taustalla puolestaan oli haasteet oikean kosteuden löytymiselle kokeen alkuvaiheessa. Näin ollen myös liialla kosteudella on osaltaan ollut merkitystä pistokkaiden kehittymiseen ja kuolleisuuteen.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, onko mykorrittsasiirrostuksella vaikutusta sammalleimun pistokkaiden juurtumiseen. Työn kokeellisessa osuudessa pyrittiin vastaamaan tähän kysymykseen. Koska erot käsittelyiden välillä jäivät pieniksi, ei saatujen tulosten perusteella voida sanoa, että

koosuudessa tutkituilla mykorrhitsaavalmisteilla olisi merkittävää vaikutusta pistokkaiden juurtumiseen. Koejäsenet menestyivät käsittelyistä riippumatta kokeessa hyvin, joten tulosten perusteella voidaan kuitenkin myös sanoa, että siirrostuksella ei ollut myöskään negatiivista vaikutusta pistokkaiden juurtumiseen. Mykorrhitsasiirrostuksen saaneiden käsittelyiden, käsittelyt 4 ja 6, pistokkaat juurtuivat ja kasvoivat kokeessa hyvin ja molemmissa käsittelyissä saatiin hyviä tuloksia kaikissa tutkituissa ominaisuuksissa. Kahdeksalla kerranteella saatiin tuloksiin tilastollista luotettavuutta.

Kokeessa tuli ilmi lannoituksen merkitys lisättävälle kasville juurtumisvaiheessa. Tästä esimerkkinä käsittely 1, joka menestyi kokeessa huonoiten. Käsittelyssä 1 oli käytössä kalkittu, mutta ei lannoitettu kasvualusta. Syynä huonoon menestymiseen on varmasti ennen kaikkea lannoitteen puuttuminen, jolloin pistokkaat eivät saaneet kasvuun tarvitsemiaan ravinteita kasvualustasta. Selkeimmin käsittelyn 1 huonoa menestystä kokeessa tukee se, että kyseisessä käsittelyssä oli kaikista kuudesta käsittelystä eniten kuolleita pistokkaita kokeen purkuvaiheessa. Lannoituksen vaikutus näkyi myös koejäsenten kasvuston värissä. Käsittelyn 1 pistokkaat olivat selvästi haaleamman värisiä kuin muiden käsittelyiden pistokkaat, jotka olivat väritykseltään tumman vihreitä.



Kuva 11. Väriero lannoitetun ja lannoittamattoman pistokkaan välillä

Viljelyolosuhteiden hallinnassa haasteita tuotti sopivan kosteuden ylläpitäminen kennoissa. Tunnelit ylläpitivät kosteuden kasvualustassa tehokkaasti ja ongelmat ilmenivät juuri kokeen alkuvaiheessa, jolloin liiallisen kosteuden takia pistokkaissa esiintyi runsaasti harmaahometta. Vaikka on-

gelmat kosteuden ja harmaahomeen kanssa saatiin hallintaan kun tunnelit purettiin ja kosteus saatiin pysymään optimaalisena, on silti mahdollista, että kosteus vaikutti pistokkaiden juurtumiseen ja kehitykseen kokeen alkuvaiheessa ja sitä kautta myös saatuihin tuloksiin. Harmaahomeen lisäksi liiallinen kosteus herätti kysymyksiä myös liittyen mykorritsan menestymiseen ja toimivuuteen kasvualustassa, sillä mykorritsa ei viihdy liian kosteassa kasvualustassa ja näin ollen sen hyödyt kasville jäävät tällöin vaijaksi.

Oikean kasvin löytämisellä opinnäytetyön kaltaiseen kokeeseen on suuri merkitys. Vaikka mykorrittsasiirrostuksella ei ollut merkittävää vaikutusta opinnäytetyön koekasviksi valitun sammalleimun pistokkaiden juurtumiseen, on kuitenkin mahdollista, että siirrostuksella olisi suurempia vaikutuksia jonkin toisen kasvin kohdalla. Jotta koeosuudessa olisi saatu merkittävämpiä eroja, olisi koekasviksi tullut löytää kasvi, jonka pistokaslisyys perinteisin juurrutustavoin on ongelmallisempaa kuin sammalleimun. Tällöin, jos mykorrittsasiirrostuksella olisi ollut kasville hyötyä juurtumisvaiheessa, olisivat erot perinteisen menetelmän ja mykorrittsasiirrostuksen välillä saattaneet olla selkeämmät. Sammalleimu oli kasvina tässä tapauksessa liian varma, jolloin erot tuloksissa jäivät pieniksi.

Kasvin valinnan lisäksi kysymyksiä herätti osaltaan myös oikean siirrostustavan käyttö. Jauhemaisen mykorritsavalmisteen kohdalla pistokkaiden kastaminen veteen ja sen jälkeen mykorritsavalmisteseen tuntui toimivan kokeen puolesta hyvin ja valmisteen käyttö oli mielekästä. Geelimäisten valmisteen kohdalla puolestaan kokeen aloitusvaiheessa ongelmia tuotti se, että valmisteet käsittelyissä 5 ja 6 eivät tarttuneet pistokkaiden ohuisiin kärkiin toivotulla tavalla. Tämän takia käsittelyssä 6 käytetyn valmisteen kohdalla heräsi kysymyksiä siinä, että saatiinko pistokkaiden kärkeen tarpeeksi mykorritsavalmistetta, jotta sillä oli vaikutusta pistokkaiden juurtumiseen. Valmisteen käyttö olisi mahdollisesti ollut helpompaa, jos pistokkaiden kärjen pinta-ala olisi ollut suurempi, sillä tällöin geeli olisi tarttunut kärkeen paremmin.

Kokeessa tutkitut ominaisuudet antoivat hyvin tietoa pistokkaiden juurtumisesta ja kehittymisestä. Kehitysideana jatkoa ajatellen voisi kuitenkin mainita kasvun mittaamisen osalta pistokkaiden kasvutavan havainnoinnin. Koska koejäsenet tuottivat kokeessa kahdenlaista kasvua, osa haaroitunutta kasvua ja toiset puolestaan kasvattivat vain yhtä versoa, olisi ollut mielenkiintoista selvittää, johtuiko tietynlainen kasvutapa käsittelyistä, joita pistokkaat kokeessa saivat.

Juurten muodostumista olisi ollut hyvä tarkkailla tarkemmin jo kokeen ollessa käynnissä. Havainnointikerroilla olisi voinut tarkkailla ja merkitä ylös ajankohdat, milloin juuret alkoivat olla näkyvissä kennojen pohjissa. Tällöin olisi mahdollisesti saatu tarkemmin selville käsittelyiden juurtumisaikoja ja että onko saaduissa ajoissa eroja eri käsittelyiden välillä.

Myös tautien havainnoinnissa olisi mahdollisesti ollut hyvä merkitä ylös tarkemmin missä käsittelyissä esiintyi tauteja ja mistä taudeista oli kyse. Kirjallisuudessa kerrotaan, että mykorritsasta on hyötyä myös kasvien tau-

tien sietokyvyssä. Merkitsemällä ylös nämä tiedot, olisi ollut mahdollista saada selville esiintyikö jokin tietty tauti vain tietyssä käsittelyssä vai mahdollisesti käsittelyistä riippumatta missä tahansa koejäsenissä. Sammalen ja sienten kasvua ei kokeessa havainnoitu, sillä niiden ei koettu olevan merkityksellisiä kokeen tuloksia ajatellen. Suurimmat sammalesiintymät poistettiin kokeen aikana kennoista, sillä niillä olisi saattanut rikkaruohojen tapaan olla negatiivista vaikutusta tuloksiin kokeen purkuvaiheessa. Sienten kohdalla päädyttiin jättämään suurimpia esiintymiä lukuun ottamatta sienet kennoihin, koska niillä ei koettu olevan vaikutusta kokeen tuloksiin eikä niistä ollut haittaa pistokkaiden kehitykselle.

Kirjallisuudessa mainitaan mykorritsan hyödyistä kasveille vähäravinteisessä kasvualustassa. Kehitysideana jatkoa ajatellen olisi mielenkiintoista selvittää, löytyykö mykorritsasiirrostuksesta eroja tilanteessa jossa pistokkaita juurrutettaisiin kasvualustoissa, joista toinen olisi lannoitettu ja toinen lannoittamaton, mutta molempien käsittelyiden pistokkaat saisivat mykorritsasiirrostuksen. Jotta käsittelyitä saataisiin kokeeseen lisää, voitaisiin lannoitustasoa tai tuotetta myös mahdollisesti vaihdella.

LÄHTEET

Chang, D. C. N. 1994. What is the potential for management of vesicular-arbuscular mycorrhizae in horticulture. Teoksessa Robson, A. D. Abbot, L. K & Malajczuk, N. Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry. Kluwer Academic Publishers, 187 - 190.

Haanpää, L. 1999. Mykorritsan vaikutus mansikan taimikasvatukseen. Hämeen ammattikorkeakoulu. Puutarhatalouden koulutusohjelma. Opin- näytetyö.

Isoranta, P. 1988. VA- mykorritsan merkitys gerberan ja joulutähden vilje- lyssä. Puutarhatieteen laitos. Pro -tutkielma.

Kytöviita, M - M. 2006. Sienijuurisymbioosi - kasvien elämän salattu puo- li. Luonnon tutkija 3, 84 - 89.

Pfleger, F.L & Lindermann, R.G, 1994, Mycorrhizae and plant health, The American Phytopathological Society, 2-4.

Smith, S.E & Read, D.J, 2008, Mycorrhizal symbiosis, Elsevier Ltd, 11- 189.

Vestberg, M. Toim. Maatalouden tutkimuskeskus. 1988. Mykorritsoista hyötyä pelto- ja puutarhakasveille. Koetoiminta ja käytäntö. Maaseudun tulevaisuus 45 vuosikerta, 49.

Vestberg, M. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 2008. Arbuske- limykorritsa ja sen hyödyntämismahdollisuus kasvintuotannossa. Sienileh- ti 3, 79 - 82.

Vestberg, M. MTT. 1992. VA- mykorritsojen merkitys kasvintuotannossa. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote, 94 - 100.

Vestberg, M. 2008. Purjo hyötyy mykorritsasienistä. Puutarha & Kauppa 8, 26 - 27.

Vestberg, M. MTT. 1993. Arbuskelimykorritsasienten merkitys kasveille. Kasvinsuojelulehti 2, 36 - 38.

Vestberg, M. MTT. 1997. Sienijuurilla tehoa kasvuun. Koetoiminta ja käytäntö. Maaseudun tulevaisuus 54, 40.

Vestberg, M, Aaltonen, M. 2005. Uudet tekniikat käyttöön avomaalla. Koetoiminta ja käytäntö. Maaseudun tulevaisuus 62, 4 - 7.

<http://perennapuutarha.fi/tuotteet.html?id=41/208> Viitattu 20.2.2014

KOESUUNNITELMA

0	2	5
1	3	4
4	0	5
2	1	3
5	2	3
0	1	4
4	5	1
2	3	0

Selitykset:

Kerranne 1

Kerranne 2

Kerranne 3

Kerranne 4

Käsittelyt:

1= ei mykorritsaa, ei lannoitusta

2= ei mykorritsaa, lannoitus

3= hieta, lannoitus

4= jauhemainen mykorritsavalmistee, lannoitus

5= puhdas geeli, lannoitus

6= geelimäinen mykorritsavalmistee, lannoitus

0	3	1
5	4	2
1	4	2
0	5	3
2	5	4
1	0	3
4	1	2
0	5	3

Selitykset:

Kerranne 5

Kerranne 6

Kerranne 7

Kerranne 8

Käsittelyt:

1= ei mykorritsaa, ei lannoitusta

2= ei mykorritsaa, lannoitus

3= hieta, lannoitus

4= jauhemainen mykorritsavalmiste, lannoitus

5= puhdas geeli, lannoitus

6= geelimäinen mykorritsavalmiste, lannoitus