

Mendelova univerzita v Brně

Zahradnická fakulta v Lednici

Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin

Využití mykorhizních hub ve školkařské produkci okrasných dřevin

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce

Doc. Dr. Ing. Petr Salaš

Vypracovala

Bc. Anna Linhartová

Lednice 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Využití mykorrhizních hub ve školkařské produkci okrasných dřevin, vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Lednici, dne:

Podpis:

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu práce panu doc. Dr. Ing. Petru Salašovi za odborné vedení a paní Ing. Haně Saskové za rady týkající se pokusu. Dále panu Mgr. Jaroslavu Vlkovi, Ph.D. za odborné konzultace. Neméně bych chtěla poděkovat panu Ing. Zdeňku Hrubému a spolužákům za pomoc při zakládání a hodnocení pokusu.

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	CÍL PRÁCE.....	9
3	LITERÁRNÍ ČÁST	10
3.1	Mykorhizní symbióza	10
3.2	Arbuskulární mykorhizní symbióza (AM)	12
3.2.1	Oddělení Glomeromycota	14
3.2.2	Životní cyklus arbuskulárních mykorhizních hub.....	14
3.2.3	Arbuskulární mykorhiza a bakterie N fixace.....	15
3.2.4	Erikoidní mykorhiza.....	15
3.2.5	Orchideoidní mykorhiza.....	16
3.2.6	Ektomykorhizní symbióza.....	17
3.2.7	Arbutoidní mykorhiza	18
3.2.8	Ektendomykorhiza.....	18
3.2.9	Monotropoidní mykorhiza.....	18
3.2.10	DSE asociace	19
3.3	Mykorhiza a prostředí.....	19
3.3.1	Půdní prostředí.....	19
3.3.2	Příjem vody	20
3.3.3	Půdní vzduch	21
3.3.4	Minerální výživa.....	21
3.3.5	Mikroprvky.....	23

3.4	Biochemické interakce mezi hostitelem a houbou	23
3.5	Očkovací látky	24
3.5.1	Metody aplikace	26
3.5.2	Stanovení rozvoje mykorhizní symbiózy	26
3.6	Substráty	27
3.6.1	Typy pěstitelských substrátů	29
3.7	Školkařská produkce v kontejnerech	30
4	MATERIÁL A METODIKA PRÁCE	31
4.1	Charakteristika pokusné plochy	31
4.2	Rostlinný materiál	32
4.3	Přípravek Symbivit	33
4.4	Hnojivo YaraMila Complex	34
4.5	Substrát	35
4.6	Závlaha	35
4.7	Metodika pokusu	36
4.8	Vyhodnocení	39
4.8.1	Výška rostlin, průměr kořenového krčku a počet výhonů	39
4.8.2	Stanovení kolonizace kořenů mykorhizními houbami	39
4.9	Metody statistického vyhodnocení	42
5	VÝSLEDKY	43
5.1	Výška rostlin – opakování I.	43
5.2	Průměrná výška rostlin	44

5.3	Průměr kořenového krčku.....	45
5.4	Průměrný počet výhonů	46
5.5	Mykorhizní kolonizace	47
5.6	Objem kořenů	48
5.7	Porovnání výšky rostlin a kořenového krčku	49
6	DISKUZE	50
7	ZÁVĚR.....	53
8	SOUHRN A RESUME.....	54
9	POUŽITÁ LITERATURA.....	56
10	PŘÍLOHY	62

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Typy mykorhiz znázorněné v příčném řezu (Gryndler a kol., 2004)

Obrázek 2. Typ Paris a Arum (www 14., 2016)

Obrázek 3. Kontejnerovna (Letecký snímek, 2016)

Obrázek 4. *Spiraea bumalda* ‘Anthony Waterer’ (Linhartová, 2015)

Obrázek 5. Symbivit (www 2., 2016)

Obrázek 6. YaraMila Complex (Linhartová, 2015)

Obrázek 7. Založení pokusu (Linhartová, 2015)

Obrázek 8. Přihnojení rostlin a konec vegetace (Linhartová, 2015)

Obrázek 9. Konec vegetace (Linhartová, 2015)

Obrázek 10. Měření výšky rostlin (Linhartová, 2015)

Obrázek 11. Omyté kořeny pro měření objemu (Linhartová, 2015)

Obrázek 12. Připravené segmenty kořenů k obarvení (Linhartová, 2015)

Obrázek 13. Vaření kořenů v trypanové modři (Linhartová, 2015)

Obrázek 14. Vzoroky v nádobách zalité laktogrycelorem (Linhartová, 2015)

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1. Výška rostlin – opakování I. (Linhartová, 2016)

Graf 2. Průměrná výška rostlin (Linhartová, 2016)

Graf 3. Průměr kořenového krčku (Linhartová, 2016)

Graf 4. Průměrný počet výhonů (Linhartová, 2016)

Graf 5. Mykorhizní kolonizace (Linhartová, 2016)

Graf 6. Porovnání objemů kořenů u pozorovaných variant – průměrné hodnoty (Linhartová, 2015)

Graf 7. Porovnání výšky rostlin a kořenového krčku (Linhartová, 2016)

1 ÚVOD

Mykorhizní symbióza znamená vzájemně prospěšný vztah mezi kořeny rostlin a některými houbami. Samotná mykorhizní symbióza vznikla dřív, než si umíme představit. Tento vztah je výsledkem evolučních procesů, během kterých houby přešly z vodního prostředí na souš, tím že se usídlily v kořenech rostlin. Houba podporuje kořenový systém tak, že zajišťuje příjem živin a vláhy z půdy. Rostlina naopak zásobuje houbu sacharidy a organickým uhlíkem. Výzkumy mykorhizní symbiózy poukazují na zlepšení celkového stavu rostlin, větší tvorbu květů a plodů, lepší výnosy, zvýšení odolnosti rostlin vůči stresu – suchu, přemokření atd.

V zemědělství se kladou stále větší nároky na výnosy, proto se používá více herbicidů, pesticidů a více se hnojí, a tím dochází k znehodnocení půdy. Kvalita půdy je též zhoršována špatnou agrotechnikou a klimatickými změnami. Používání mykorhizních hub by mohl být jeden z nástrojů jak pro zlepšení kvality půdy, lepší zdravotní stav rostlin, tak i pro zvýšení výnosů. I v okrasném školkařství se zvažuje uplatnění mykorhizních hub kvůli vitálnějším výpěstkům. Tato diplomová práce pojednává o mykorhize a její experimentální část zkoumá využití mykorhizní symbiózy ve školkařství okrasných rostlin.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je ověřit možné využití očkování substrátu mykorhizními houbami při intenzivní školkařské produkci okrasných rostlin. Zjistit, jaký vliv má očkování na sledované růstové parametry, těmi jsou výška rostlin, průměr kořenového krčku a počet výhonů. Dále posoudit vliv na objem kořenů a míru kolonizace kořenů mykorhizními houbami.

Cílem této práce bylo také založit pokus se čtyřmi variantami (6g, 3g, 1,5g, 0g) očkování přípravku Symbivit na rostlině *Spiraea bumalda* 'Anthony Waterer' pěstované v kontejnerech a následně vyhodnotit vliv očkování na rostliny.

3 LITERÁRNÍ ČÁST

3.1 Mykorhizní symbióza

Se skládá z řeckých slov mykés, mykétas a rhíza, ríza a doslova znamená „houbokořen“. Toto spojení slov a jejich významů velmi dobře znázorňuje i skutečný vztah obou zmíněných partnerů. Symbióza znamená fyziologický vztah mezi dvěma a více organismy. Často se tím myslí vztah vyvážený, a to ve smyslu oboustranně výhodného soužití. Ale zahrnuje vztahy od mutualismu (výhodná symbióza pro oba partnery) až po parazitismus, kdy pro jednoho partnera je tento vztah nevýhodou. Funkce jsou rozličné, někdy jde o výměnu organických a anorganických látek, jindy poskytují ochranu či jiné služby. Mykorhizní houby jsou hybnou silou v koloběhu živin, regulují dynamiku půdní organické hmoty, půdního uhlíku a emise skleníkových plynů. Upravují půdní strukturu a vodní režim (Trivedi, 2007). Mykorhizní houby kolonizují rhizodermis – pokožku a primární kořenovou kůru, do jiných částí kořene nepronikají. Jsou také centrálním zdrojem pro úspěšné osidlování některými druhy dřevin, a tím i zvyšování biologické diverzity. Zvýšení biomasy u rostlin s mykorhizou je nápadné, pokud rostou na půdách, které jsou chudé na živiny (Procházka a kol., 1998). Mezi mykorhizní houby se řadí houby stopkovýtrusné – *Basidiomycetes*, vřeckovýtrusné – *Ascomycetes* a spájkivé – *Zygomycetes*. Většina těchto hub se objevuje v půdě současně a vytváří společenstvo (Gryndler a kol., 2004, Wang a Qiu, 2006).

Houbová kořenová mykorhiza byla a je tématem rozsáhlých výzkumů. Jako první ji popsal německý mykolog Vittadang (1842), který řekl, že kořeny jsou oživené jistými houbovými mycelii. Později na této hypotéze byla založena další teorie o mutualistické symbióze dalším německým botanikem Frankem (1885). Ten nazval mykorhizu doslovně „houbokořen“, zabýval se mutualistickou symbiózou mezi kořeny a houbami. Většina rostlinných druhů, hlavně ty ekonomicky důležité pro člověka, jako třeba lesní stromy, zahradnické a zemědělské rostliny, mají hojný mykorhizní systém na kořenech (Trivedy, 2007, Gáper, 2015).

Ale některé rostliny nejsou vhodnými partnery pro mykorhizní symbiózu. Škála rostlin, které se jí účastní, je mnohem širší než ta, která se jí neúčastní. Mykorhizní

symbióza se vyskytuje u více než 90 % rostlin (Mejtřík, 1988). Jako příklady čeledí, u kterých nebyla pozorována mykorhizní symbióza, jsou *Chenopodiaceae*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae* a *Proteaceae*. Dosud byly testovány pouze asi 3% všech druhů na jejich schopnost účastnit se mykorhizní symbiózy, proto musíme brát tento výčet s rezervou (Smith a Read, 2008).

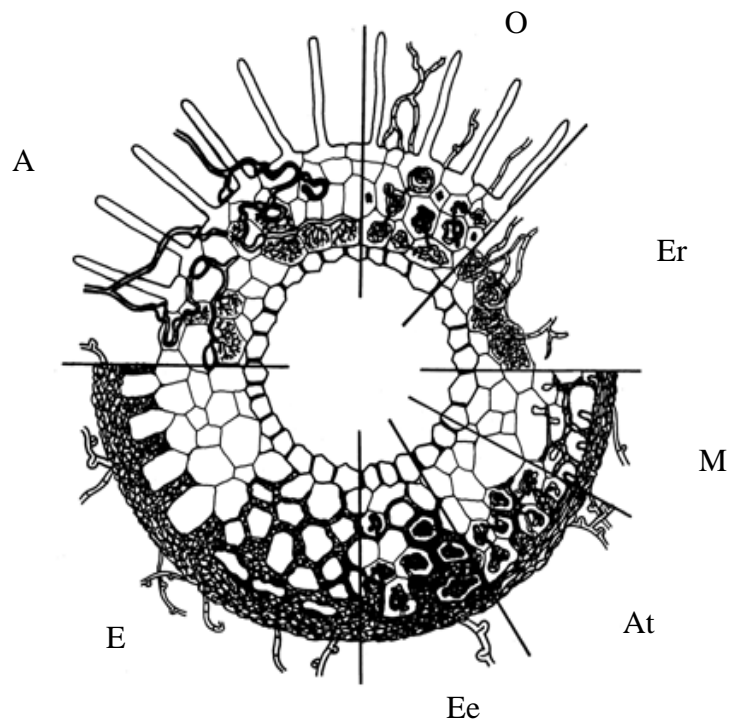
Výhody mykorhizní symbiózy u rostlin jsou následující: zvýšený příjem minerálních látek a některých mikroelementů, větší povrch pro příjem minerálních látek, zlepšení vodního režimu, zvýšená odolnost proti napadení houbovými chorobami, větší tolerance k nízkým teplotám, k suchu a ke kolísání pH. Mykorhiza může zvýšit příjem fosforu a dusíku, a to hlavně, když se v půdě nachází v nízkých koncentracích (Javoreková a kol., 2008).

Ekologie mykorhizní symbiózy

Touto ekologií se myslí nauka o vztazích mezi živými organismy (houbou) a prostředím, v kterém se vyskytují. Mycelium může zasahovat i do malých půdních prostor, zajišťuje výměnu látek mezi hostitelskou rostlinou a půdním prostředím. Mycelium může přenášet látky cytoplazmou na významné vzdálenosti. Důležité je propojení mykorhizní houby s kořenovým systémem hostitelské rostliny a prostředím. Houby arbuskulárního typu vylučují do půdy látku glykoprotein glomalin. Glomalin se ve velkém množství vyskytuje na povrchu hyf hub arbuskulárního typu. Výzkumy ukazují, že tato látka působí jako jeden z hlavních faktorů stabilizujících půdní částičky – agregáty (Gryndler a kol., 2004, Rilling, 2004).

Typy mykorhizy

Mykorhizu dělíme na endomykorhizu a ektomykorhizu. Endomykorhiza se dále člení na arbuskulární, orchideoidní a erikoidní mykorhizu. Ektendomykorhiza, arbutoidní a monotropoidní mykorhiza jsou přechodné typy. Podle Smithova novějšího členění máme sedm základních typů mykorhiz: arbuskulární mykorhiza, ektomykorhiza, ektendomykorhiza, arbutoidní, monotropoidní, erikoidní a orchideoidní mykorhiza (Smith a Read, 2008).



Obrázek 1. Typy mykorhiz znázorněné v příčném řezu (Gryndler a kol., 2004). A – arbuskulární mykorhiza, E – ektomykorhiza, Ee – ektendomykorhiza, At – arbutoidní mykorhiza, M – monotropoidní mykorhiza, Er – erikoidní mykorhiza, O – orchideoidní mykorhiza.

3.2 Arbuskulární mykorhizní symbióza (AM)

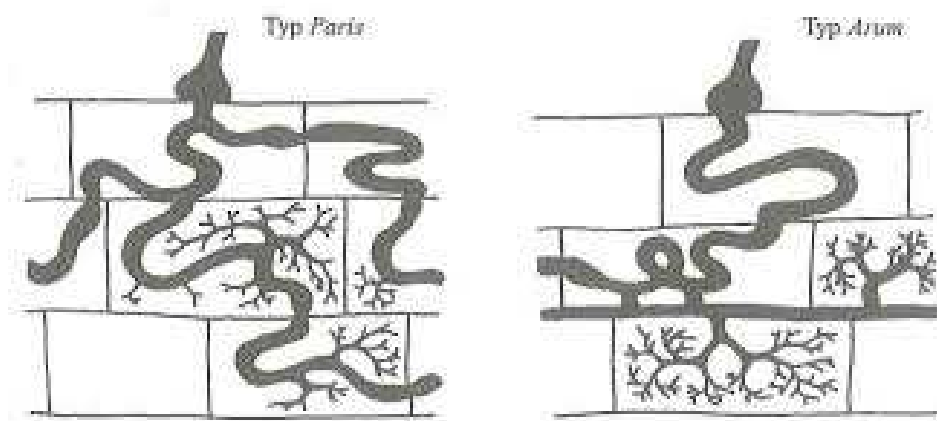
Arbuskulární mykorhizní symbióza patří mezi nejvíce rozšířené mykorhizní symbiózy. Také je nejvíce univerzálním typem a podle fosilních objevů a DNA sekvencí se našly rostliny s AM, které byly téměř 400 milionů let staré. Arbuskulární mykorhizní houby jsou schopny vyvinout symbiotický vztah s většinou suchozemských rostlin a vytvářít charakteristické struktury. Hostitelské rostliny poskytují požadované uhlovodíky a přijímají živiny, zejména P z hub. Arbuskulární mykorhiza tvoří arbuskuly a vesikuly. Arbuskuly jsou rozvětvené strukturální hyfy, které jsou místem výměny živin s kořeny rostlin. Vesikuly jsou specializované orgány s četnými velkými vakuolami, které mohou výrazně pomoci hostitelské rostlině, zejména je-li vystavena různým stresům – zasolenost, těžké kovy (Thangadurai, Busso, Hijri, 2010). Zdroje očkování (infekce) rostlinných kořenů AM jsou tři: spory, infikované části kořenů a hyfy. Spory jsou průměrně velké 500 μm a mají silné stěny. Jednotlivé spory obsahují velké množství jader od 800 do 35 000, která dokážou přežít dlouhou dobu. Tyto

spory jsou šířeny vodou, větrem a také zvířaty. Jsou schopné přežít průchod trávicím ústrojím některých bezobratlých, ptáků a savců. Spory obsahují lipidy a některé sacharidy. Dlouho se předpokládalo, že spory jsou jediným, případně nejdůležitějším, způsobem kolonizování rostlinných kořenů. Ale později bylo zjištěno, že za určitých podmínek jsou hlavními zdroji kolonizace AM rostlinných kořenů právě části kořenů a hyfy, například v suché nebo zmrzlé půdě (Smith a Read, 2008).

Přítomnost arbuskulárních mykorhiz byla zjištěna nejprve u kosatců, poté u řady dalších rostlin. Mycelium arbuskulárních mykorhizních je nepřehrádkované a je tvořeno vlastně jedinou obrovskou větvenou tubicovitou buňkou, která má v proudící cytoplazmě nesčetné množství jader. Hyfy existují jen asi 5 – 6 dnů a rychle je nahrazují hyfy nové. Nikdy se nevytváří hyfový plášť. Mycelium arbuskulárních mykorhizních hub je schopno získávat výživu výhradně z kořene živé hostitelské rostliny. Genetika těchto hub není zcela objasněná a popsána. Síť, které propojují rostliny, jsou velice infekční a jsou schopny přežít v suchém a chladném prostředí (Gryndler a kol., 2004). AM jsou schopny zvýšit toleranci rostlin k různým stresům, jako je zasolenost půdy a sucho, zhutnění půdy, těžké kovy a patogeny. Reakce rostlin na různé druhy AM jsou odlišné, mohou výrazně ovlivnit příjem živin. Rostliny v symbióze ovlivňují ekologickou funkci. Arbuskulární mykorhizu představují houby, které jsou starobylé a jsou také z mnoha hledisek velmi odlišné od ostatních hub. Jsou to houby oddělení *Glomeromycota.*, z čeledí *Arachaeosporaceae*, *Acaulosporaceae*, *Diversisporaceae*, *Gigasporaceae*, *Glomaceae*, *Paraglomaceae*. Na morfologických a fytochemických vlastnostech spor je utvořeno systematické členění (Thangadurai, Busso, Hijri, 2010).

Vnitrokořenové struktury - morfotyp Paris a Arum

- **Arum typ** je typický pro rostlinné druhy, jejichž primární kůra kořenů má velké interceluláry. V nich se infekce šíří lineárními hyfami, z nichž pak odbočují velké laterální intracelulární arbuskuly. Typ Arum je běžnější než typ Paris.
- **Paris typ** je naopak charakteristický intracelulárním šířením infekce uvnitř kořene, při němž se vytváří klubíčka hyf, z nichž pouze málokdy vystupují malé arbuskuly. Hostitelské rostliny tohoto typu AM symbiózy mají pouze malé interceluláry v primární kůře kořenů (www 5., 2012).



Obrázek 2. Typ Paris a Arum (www 14., 2016).

3.2.1 Oddělení Glomeromycota

Do oddělení *Glomeromycota*, čeledi *Glomaceae* patří nejvýznamnější rod pro arbuskulární mykorhizu, rod *Glomus*. Nálezy spor rodu *Glomus* jsou staré asi 455-460 milionů let. Klíčení spor probíhá přes hyfy, výjimečně přes stěnu spor. Spory u rodu *Glomus* nazýváme chlamydospory. Mezi významné druhy patří *Glomus intraradices* (*Rhizophagus irregularis*), jehož spory jsou barvy bílé, krémové až po žlutohnědou. Velikost spor je obvykle od 40 do 140 μm a tvar bývá kulovitý i nepravidelný. Dalším druhem je *Glomus mosseae*, který má mycelium nepřehrádkované, u staršího mycelia se mohou přehrádky vytvořit. V hrnkových kulturách se mohou vytvářet shluky spor po 2 – 10 kryté peridiem neboli ochrannou vrstvou. Spory jsou velké 100-260 μm , kulovitého nebo nepravidelného tvaru a mají žlutou, oranžovou až hnědou barvu (Brundrett, 2002, Sharma a kol., 2008).

3.2.2 Životní cyklus arbuskulárních mykorhizních hub

Klíčení spor začíná po klidovém období, které trvá dva měsíce a houby jsou uchovány při teplotě 2-5 $^{\circ}\text{C}$. Spory v této době prochází změnou, která je nezbytná pro aktivaci biochemických procesů umožňujících vyklíčení spory. Poté z klíčícího vlákna vzniká mycelium, které kolonizuje kořen hostitele. V místě styku mycelia s kořenem vzniká terček (apresorium), což je struktura, která přilne k povrchu kořene a z které vyrůstá jedna nebo několik hyf, které pronikají do primární kořenové kůry. Existuje rozdíl mezi symbiotickým (vegetativním) myceliem, které se nalézá v půdě a je

napojeno na hostitelský kořen, a nesymbiotickým (presymbiotickým) myceliem klíčním, vyrůstajícím ze spor (Gryndler a kol., 2004, Novero, 2008).

3.2.3 Arbuskulární mykorhiza a bakterie N fixace

Na rozdíl od hub AM, které vyvíjejí symbiózu s většinou suchozemských rostlin, N-fixující bakterie jsou schopny navázat symbiotický vztah jen se specifickou hostitelskou rostlinou a upravit atmosférický N. Do této skupiny patří N- bakteriální symbionti *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium*, souhrnně nazývané *Rhizobia*. Podobně jako AM symbióza, je fixace N bakterií také velmi důležitá z hlediska zemědělských a ekologických dopadů, protože může podstatně přispět k využití N. Studie prokázaly, že AM houby pomáhají, zvyšují a zlepšují poutání vzdušného dusíku *Rhizobia* bakteriemi (Thangadurai, Busso, Hijri, 2010).

3.2.4 Erikoidní mykorhiza

Nejtypičtější pro erikoidní mykorhizu jsou rostliny řádu *Ericales*. Patří sem čeleď *Ericaceae*, která převládá na severní polokouli a *Epacridaceae*, vyskytující se na jižní polokouli. Erikoidní mykorhiza ERM se objevila na počátku křídy, asi před 140 miliony let. Podle výzkumů molekulárně-genetických analýz jsou rostliny na jižní a severní polokouli velice příbuzné (Gryndler a kol., 2004). Kořeny rostlin erikoidní mykorhizy mají jemné struktury, vykazují značnou jednotnost napříč všemi kmeny *Ericaceae*, které jsou charakterizovány tímto typem mykorhizy. Jejich nejvýraznějším znakem je absence kořenových vlásků, které jsou velké od 100 μm do $<50 \mu\text{m}$. Absence kořenových vlášení je nahrazována myceliem (Smith a Read, 2008). V průběhu kolonizačního procesu se vytváří nepříliš dobře morfologicky rozlišená apresoria a z nich hyfy. Rhizodermem pronikají houby do rostlin. Epidermální vrstva vlasového kořínku je pomíjivá struktura, která zmizí ve starších kořenech. Uvnitř buněk rhizodermis houba vytváří závitě a smyčky, nazývané smotky neboli pelotony. V kultuře bylo pozorováno, že hyfy jsou obklopeny řídkým proteinovým či polysacharidovým materiálem. Byl prokázán transport radioaktivně značeného uhlíku z kořene rostlin rodů *Calluna* a *Vaccinium* do mycelia, což do značné míry ukazuje na vyživování hub organickými látkami odebranými přímo z kořene hostitele. Erikoidní mykorhizní houby jsou schopny stimulovat transport dusíku z prostředí a také jsou

schopny získat fosfor z méně dostupných zdrojů – například méně rozpustné soli. Tyto houby mají také značnou toleranci k vysokým koncentracím těžkých kovů Cd, Cu, Zn a jsou schopny dodávat rostlinám vápník, který bývá v přítomnosti erikoidních rostlin ve velmi nízkých koncentracích. Do erikoidní mykorhizy patří *Hymenoscyphus ericae* (voskovička vřesovcová), druhy rodu *Oidiodendron*, a řada neidentifikovaných askomycetů, pravděpodobně náležejících do řádů *Leotiales* a *Helotiales* a další (Gryndler a kol., 2004, www 5., 2012).

3.2.5 Orchideoidní mykorhiza

Do čeledi *Orchideaceae* patří asi 20 000 – 35 000 druhů, tato čeleď je jedna z nejrozšířenějších v rostlinné říši. Poprvé byla tato mykorhiza popsána v 19. století (Smith a Read, 2008). Do této skupiny náleží terestrické zelené rostliny, epifytní rostliny a liány, čeledě *Apostasioideae*, *Cypripedioideae*, *Vanillioideae*, *Orchidoideae* a *Epidendroideae*. *Apostasioideae* jsou považovány za největší a nejpokročilejší skupinu. Tato symbióza má zásadní význam pro cyklus hostitelských rostlin, neboť bez ní v reálných podmínkách přírodních lokalit nedokážou úspěšně vyklíčit. Pro rostliny orchidejí je charakteristické, že vytváří velké množství semen. Kořenový systém tvoří jen několik silných kořenů, málo větvených nebo nevětvených. Mycelium se skládá z přímých větviček a poté anastomozujících hyf a moniliodních buněk, ze kterých vznikají řetízky a poté shluky buněk vytváří řídká sklerocia. Tento druh se výrazně odlišuje od všech ostatních druhů mykorhiz – transport sacharidů je opačný z houby do hostitele. Houby orchideoidní mykorhizy mohou produkovat celulózu a pektinázu. Rozeznávají se dvě formy orchideoidních mykorhiz: tolypofágní a ptyofádní. Tolypofágní je mnohem rozšířenější a vyskytuje se u protokormů, i u dospělých orchidejí. K primárnímu průniku z vnějšího prostředí dochází na bazální části klíčícího semene nebo přes vlášení. Přes rhizodermis i kořenové vlásky začínají být kolonizovány kořeny dospělých rostlin. Houba se rozšiřuje pouze parenchymatickými buňkami primární kůry kořene a nikdy se neobjevuje ve středním válci. Jednotlivé hyfy prorůstají z buňky do buňky – symplasticky přes plazmodermy. Studie ukázaly, že buňky kořenové kůry nejsou v přímém kontaktu s rostlinou cytoplazmou, ale mají okolo sebe vchlípenou cytoplazmatickou membránu nazývanou perifungální membrána (Gryndler a kol., 2004, www 5., 2012). Ptyofágní forma je popsána pouze u několika nezelených

tropických orchidejí. U této formy podléhají lyzi pouze jednotlivé hyfy (u tolypofágní formy celé hyfové smotky). Orchideoidní mykorrhizní houby mají schopnost saprotrofního růstu, vyznačují se aktivitou celulolytickou, pektinolytickou nebo fenoloxidázovou. Jako zdroj uhlíku a energie využívají různé organické látky. Uhlíkaté látky dostávají rostliny pravděpodobně ve formě sacharidu a trehalózy. Byl zjištěn přenos organických uhlíkatých látek, fosfátových iontů a rovněž vody. Málo větvené kořeny způsobují horší příjem vody a minerálních látek z půdy. Při raném výzkumu v první polovině dvacátého století bylo zjištěno, že orchideje by mohly běžně vyklíčit v nepřítomnosti symbiózy, když byl zaveden příjem cukrů v růstovém mediu. Tímto postupem se vypěstovaly některé druhy do květu a zralosti. Do orchideoidních hub patří saprofyté, parazitické houby i houby schopné vytvořit ektomykorrhizy. Mezi druhy hub vytvářející orchideoidní mykorrhizy patří *Rhizoctonia repens* a *Rhizoctonia mucoroides*, *Armillaria*, *Ceratobasidium*, *Erythromyces*, *Tulasnella*, *Sabacina*, *Oliveonia*, *Mycena* a další (Smith a Read, 2008, www 1., 2015).

3.2.6 Ektomykorrhizní symbióza

Plodnice ektomykorrhizní symbiózy jsou velice chutné, proto je tento druh symbiózy nejznámější. Ektomykorrhizní symbióza je stará 130-180 milionů let a má význam pro diverzifikaci jak hostitelských rostlin, tak i symbiotických hub. Hlavní charakteristická vlastnost je vývojová nestabilita. Biomasa mycelia závisí na vlastnostech půdy (kyselejší půda generuje větší biomasu ve srovnání s vápenitou) a může nabývat značných hodnot. Půdní myceliární kolonie podle Ogawy může být trojího tvaru. Může mít tvar kruhu, houby zaujímají prostor při okraji a v centru kruhu roste hostitelský strom. Dalším typem je souvislá nepravidelná kolonie, hostitelský strom může být v centru nebo blízko u centra. Nejznámější je disperzní kolonie, která je tvořena rozděleným myceliem. Aby se mycelium vyvíjelo po delší dobu, je důležité, aby odolalo výkyvům počasí. Krátké ektomykorrhizní kořínky nemají kořenové vlášení, rostou pomaleji a delší dobu ve srovnání s nemykorrhizními kořínky. Meristematické buňky krátkých ektomykorrhizních kořenů jsou menšího průměru a kuželovitého tvaru (Mejstřík, 1988). Spory vzniklé při pohlavním procesu jsou meiospory. U stopkovýtusných hub se nazývají bazidiospory a u vřecovýtusných hub askospory. Spory musí vyklíčit za určitých podmínek. Pokud se dostanou kořeny hostitelské

rostliny do styku s myceliem, můžou je začít kolonizovat (Gryndler a kol, 2004). Ektomykorhizní houby jsou spojeny jednotlivými hyfami nebo pomocí celých hyfových svazků, rhizomorfových provazců či rizomorf a mohou zasahovat do vzdálenosti několika desítek centimetrů od mykorhiz. Hyfy prorůstající mezibuněčné prostory kořenového pletiva označujeme jako Hartigovu síť. Hyfový plášť nabízí mechanickou ochranu proti pronikání patogenních organismů (Smith a Read, 2008). Při kolonizaci nastávají velké hormonální změny, houby vytvářejí rostlinné hormony auxiny, cytokininy, kyselinu abscisovou a etylen. Mycelium zvětšuje objem substrátu, ze kterého rostliny mohou využívat živiny a vodu. Životní cyklus houby končí tvorbou plodnic. Životnost ektomykorhizy je různá a je závislá na mnoha vnějších i vnitřních činitelích. Příklady rodů hub vytvářejících ektomykorhizu – BAZIDIOMYCETY: *Boletus*, *Cantharellus*, *Cortinarius*, *Gyroporus*, *Inocybe*, *Naucoria*, *Paxillus*, *Phallu*, *Phylloporus*, *Pluteus*, *Ramaria*, *Rhizopogon*, *Russula*. ASKOMYCETY: *Balsamia*, *Barssia*, *Genea*, *Helvella*, *Morchella*, *Sarcosoma*, *Tuber*, *Wilcoxina*. ZYGOMYCETY: *Endogone*, *Densospora* (Gryndler a kol, 2004).

3.2.7 Arbutoidní mykorhiza

Tato mykorhiza obvykle kolonizuje rostliny patřící k čeledi *Rutaceae* a některé rostliny náležející k *Ericaceae*. Infikované kořínky jsou kratší, vidličnatě větvené. Houby patří do třídy *Basidiomycotina*, povrch kořene je tvořen hyfovým pláštěm (Trivedi, 2007).

3.2.8 Ektendomykorhiza

Většina lesních dřevin je na kořenech infikována oběma typy, tj. ekto- i endomykorhizou. Hyfy pronikají do mezibuněčných prostor kořene. Houby patří do *Basidiomycotina* a *Ascomycotina*. Tato mykorhiza je typická pro *Pinus sylvestri*, *Larix* (Trivedi, 2007).

3.2.9 Monotropoidní mykorhiza

Wallace (1975) uznával 10 rodů v rámci čeledi *Monotropaceae* (*Ericaceae*). Hnilák *Monotropa hypopitys* a jeho příbuzní, jako *Pterospora andromedea* a *Sarcodes*

sanguinea často rostou v jehličnatých lesích. Kořeny jehličnanů, hub a mykorhizy jsou úzce spojeny a vytváří komplexy nazývané kořenové koule. Některé z těchto kořenů dosahují značných rozměrů, hmotnost může být i několik kilogramů a výška i 2 metry. U této mykorhizy je vytvořen hyfový plášť a Hartigova síť. Kontakt korových buněk je zajištěn houbovým bodcem. Konečné stádium vývoje monotropoidní mykorhizy zahrnuje otevření hrotu bodce a uvolnění obsahu (Smith a Read, 2008).

3.2.10 DSE asociace

Dark Septate Endophytes je forma soužití specifického typu vláknitých hub (*Phialocephala fortinii* Wang & Wilcox) a širokého spektra většiny vyšších rostlin. Je pozorována většinou u rodu *Pinus* (konifery) a erikoidních rostlin. Výskyt těchto hub souvisí s extrémními podmínkami prostředí. DSE asociace tvoří tlusté, tmavě hnědé hyfy s přepážkami a z nich je tvořena hustá síť okolo hostitelského kořene. Tento typ mykorhizy je nejméně prozkoumaný (www 1., 2015).

3.3 Mykorhiza a prostředí

Rostliny jsou vystaveny mnoha vlivům vnějšího prostředí. Některé působí nepříznivě a nazýváme je stresory. Mezi stresory patří vítr, nedostatek vody, živin, kyslíku, vysoké nebo nízké teploty, toxické kovy, patogenní mikroorganismy a další.

3.3.1 Půdní prostředí

Při povrchu půdy se nachází velké množství kořenů. Povrch je dobře provzdušněn, a proto se zde vyskytují mykorhizní houby (Gryndler a kol., 2004). Nejsvrchnější vrstvy půdy jsou tvořeny velkým množstvím organické hmoty – organická složka. Humus má význam pro fyziologické vlastnosti půdy, zabezpečuje energii a uhlík pro půdní mikroorganismy, podílí se na rozpustnosti a migraci prvků, regulaci redox-potenciálu půd, vlivu na teplotu půdy a další. Humus je v půdě nezastupitelná složka. Další složka půdy je minerální, která se skládá z částic různé velikosti a tvaru – písek, prach, jíla, štěrk. Podle podílu frakcí se určují jednotlivé půdní druhy, které mají různou schopnost poutat vodu a živiny (Javoreková a kol., 2008).

Uvolňování látek do půdního roztoku a jejich pohyb ke kořenům

Ionty v půdě jsou transportovány známou difuzí a především při vyšší koncentraci půdního roztoku tzv. hromadným tokem půdního roztoku, indukovaným transpirací rostlin a ovlivňovaným klimatickými a půdními faktory. Ionty půdního roztoku pronikají volně do tzv. volného prostoru kořenů a zde jsou sorbovány. Postupně se ustalují rovnováhy mezi ionty půdního roztoku a volným prostorem kořenů a rostlina z těchto iontů následně realizuje příjem živin do vnitřního prostoru kořenů (Vaněk a kol., 2007). Kořeny obohacují půdu o své odumřelé části a svou metabolickou aktivitou především o uvolněné látky čili exudáty, které představují hlavní zdroje energie a výživy mikroorganismů, a proto jsou rozkládány mikroflórou tzv. rhizosféry kořenů. V rhizosféře kořenů, obsahující exudáty, je lepší struktura půdy, kladně ovlivňující dýchání kořenů i mikroorganismů, přičemž dýchání kořenů mění i pH půdy. Mikroorganismy jsou svými enzymy schopné asimilovat cukry, hydrolyzovat bílkoviny, redukovat nitráty, vytvářet růstové látky typu auxinů a giberelinů, antibiotika, ale i fytotoxiny (Kincl a Krpeš, 2000).

3.3.2 Příjem vody

Voda je v půdě vázána různými způsoby. Půdní voda dostupná živým organismům je ve formě gravitační vody, jejímž zdrojem jsou atmosférické srážky a povrchové vody, výskyt je dočasný a krátkodobý a ve formě kapilární, voda je v kapilárních pórech. Množství a dostupnost vody je jeden z nejdůležitějších faktorů pro biologickou aktivitu půdy (Javoreková a kol., 2008). Postup vody do kořenů zajišťují kořenové vlásky. Voda migruje přes stěny buněk prvotní kůry až do buněk dřevního parenchymu (Šebánek a kol., 1983). Kořeny rostlin, houby a mikroflóra potřebují vodu pro svůj metabolismus a mohou přijímat ve vodě rozpustné minerální látky. Rostlina nesnese dlouhodobý ani velký deficit vody. Kořen nasává vodu a také spolurozhoduje o míře stresu suchem (Procházka, Macháčová, Krekule, 2003). Mnohé studie ukázaly zvýšenou schopnost přežití vodního stresu u rostlin s mykorhizou ve srovnání s rostlinami bez mykorhizy. S rostoucím suchem se stávají živiny méně dostupné pro rostliny, protože klesá možnost difuze v půdním roztoku. Hyfy AM zvyšují plochu, kterou je možné tyto živiny přijímat, tím jsou pro rostlinu přijatelnější a rostlina lépe zvládá vodní stres (Varma, 2008).

3.3.3 Půdní vzduch

Půdní vzduch obsahuje dusík a kyslík, které jsou důležité pro růst rostlin a také pro mykorrhizní houby, dále organické těkavé látky, plyny. Obsah oxidu uhličitého v půdním vzduchu je 0,1-1,0 %, v podorničí i 5 % a víc. Mikrobiální činností se uvolňuje velké množství oxidu, a to asi 79-85 % podle mikrobiálních procesů. S vyšší teplotou ve větších hloubkách roste i koncentrace oxidu (Javorková a kol., 2008).

3.3.4 Minerální výživa

Vztah mezi AM a autotrofní rostlinou bývá oboustranně výhodný. Některé kolonizované rostliny mohou existovat i bez AM houby, pokud má odpovídající zdroj potřebných minerálů. Jsou to tedy fakultativní účastníci symbiózy. Některé rostliny mají omezenou schopnost získávat živiny z půdy bez přítomnosti AM, ty jsou více závislé na této symbióze. Naproti tomu AM houby jsou na této symbióze závislé. Nejsou žádné důkazy, že tyto houby mají potřebné saprofytické schopnosti k přežití, pokud nemají rezervy například v podobě zásobních látek ve sporách. Kořeny osídlené AM houbou mají vyšší účinnost při příjmu a vyhledávání živin v půdě, než ty neosídlené, toto bylo prokázáno v pokusech. Největší efekt má AM symbióza při příjmu fosforu, protože je v půdě v malých koncentracích a bývá vázán na železo, hliník nebo vápník případně v mikrobiální složce půdy. AM houby také pomáhají při příjmu zinku a mědi (Smith a Read, 2008).

Příjem minerálních živin z půdního roztoku většinou probíhá proti koncentračnímu spádu. V kořenech jsou živiny přeneseny přes plazmalemu transportními bílkovinami, poté jsou aktivně vloženy do xylému a v listech pak znovu obdobnými bílkovinnými přenašeči převedeny do symplastu mezofylových buněk (Kincl a Krpeš, 2000). V půdě, kde je nedostatek dostupného fosforu, mohou bakterie společně s inokulem arbuskulárních hub významně podpořit růst rostlin. AM houby (hyfy) mají analogickou funkci jako „vlásečnicové“ kořeny, oba slouží k příjmu minerálů. Průměr vlásečnicových kořenů je 5-20 μm , průměr AM hyf je 3-7 μm , což je porovnatelné. Ale experimentálně bylo zjištěno, že délka hyf AM je 10-100-krát větší, než vlásečnicové kořeny hostitelské rostliny, čímž hyfy zvětšují plochu pro aktivní příjem živin. Toto zvětšení plochy pro příjem živin není stejně důležité pro všechny

ionty přijímané z půdy (Trivedi, 2007). Výzkumy ukazují, že AMF produkují enzymy fosfatázy, které mineralizují organický fosfor a tím umožňují jeho další příjem rostlinou, ale aktivita AMF fosfatázy je relativně malá ve srovnání s dalšími půdními mikroorganismy (Varma, 2008). S arbuskulární mykorhizou se objevuje zvýšený počet nitrifikačních bakterií, které přeměňují dusičnan na plynný dusík a amonifikační bakterie, které uvolňují amoniak z organických látek (Gryndler a kol., 2004, Weber, 2014).

Fosfor

Fosfor rostliny přijímají ve formě aniontů kyseliny trihydrogenfosforečné, převážně ve formě H_2PO_4^- a HPO_4^{2-} . Protože je v půdním roztoku fosforu velmi málo, je důležité dostatečně rychlé doplňování z pevné fáze půdy. Rostliny jsou schopny přijímat fosfor i při velmi nízké koncentraci v půdním roztoku, ale je to proces vyžadující dostatek energie. Vytvoření bohaté kořenové soustavy je důležitým předpokladem pro příjem fosforu (Vaněk a kol., 2007). Mykorhizní rostliny přijímají fosfor dvěma způsoby, a to přímo kořeny nebo nepřímo pomocí extraradikálního mycelia mykorhizních hub. Množství přijatého fosforu arbuskulární mykorhizou je ovlivněno genotypy partnerů, rostlin a hub. Nejdříve je fosfor přijat z půdy extraradikálním myceliem arbuskulární mykorhizy, poté následuje přenos do intraradikálních hyf a následuje transport z houby do interfaciálního matrixu a poté do kořenové buňky. Fosfor se v extraradikálním myceliu mění na polyfosfát (Smith a Read, 2008, Chen a kol., 2008, Benedetto a kol., 2005).

Dusík

Rostliny přijímají dusík ve formě kationtu amonného NH_4^+ nebo aniontu nitrátového dusičnanového NO_3^- . O příjmu rozhodují vnější podmínky, pH prostředí, ale i samotná rostlina (Kolek a kol., 1988). Rostlina může dusík čerpat z větších vzdáleností právě díky arbuskulární mykorhize. Tyto houby přijímají dusík nejen v anorganické formě NH_4^+ a NO_3^- , ale i v organické formě jako glycin a kyselinu glutamovou. Pohyblivost dusíku klesá v suché půdě. Příjem dusíku závisí silně na genotypu obou partnerů (Leigh a kol., 2008).

3.3.5 Mikroprvky

AM také zlepšují příjem mikroprvků. Mikroprvky jsou v rostlině obsaženy v malém množství, ale mají velký význam pro zdravý růst a vývoj rostlin. Jsou součástí mnoha enzymů, barviv a dalších molekul nutných pro život rostlin. Tyto elementy jsou měď, hořčík, mangan a kobalt. AM pomáhá rostlinám dvěma způsoby. Prvním je pomoc s příjmem těchto mikroprvků, které jsou v půdě poměrně nepohyblivé. Za druhé je přijímají a skladují a tím předchází jejich vysoké koncentraci a případné toxicitě pro rostliny. AM houby by mohly sloužit jako pohlcovači mědi, kobaltu a zinku (Varma, 2008).

3.4 Biochemické interakce mezi hostitelem a houbou

Biochemické interakce mezi hostitelem a houbou se zdají být velmi komplexní a jsou ovlivňovány řadou vzájemně biochemických, fyziologických a environmentálních procesů. Dochází k recipročnímu vztahu mezi houbou a hostitelskou rostlinou, ale je obtížné interpretovat přesně přínos.

Faktory ovlivňující symbiózu mezi rostlinou a mykorhizními houbami

Biotické faktory - Důležitou roli hrají genetické faktory hostitelské rostliny, důležitá je také morfologie kořenů. Mikroflóra v půdě v okolí kořenu také ovlivňuje formování symbiózy.

Abiotické faktory - Klimatické a fyzikálně chemické vlastnosti půdy, v které AM i rostlina žijí. Světlo je zdroj energie jak pro rostliny, tak i pro AM, kterým dodává produkty fotosyntézy, je tedy limitujícím faktorem pro rozvoj symbiózy (Varma 2008).

Růstové regulační látky

Mykorhizní houby vytváří auxiny, cytokininy, gibereliny a vitamíny. Účinky těchto látek na růst a vývoj rostlin jsou prozkoumány. Druh a množství těchto produkovaných látek může ovlivnit celkový stav rostlin. I když se zdá být auxin nejběžnější látkou indikující mykorhizní struktury, také byla objevena aktivita kolchicinu, kinetinu a různých vitamínů. Mykorhizní houby syntetizují cytokininy v

čisté kultuře. Nicméně, všechny mykorhizní houby nejsou schopné syntetizovat cytokininy nebo jejich syntézy v dostatečném množství (Siddiqui a kol., 2008).

Sacharidy

Houba potřebuje jednoduché sacharidy pro svůj růst. Auxin ovlivňuje přesun cukru ze škrobu a také hydrolýzu škrobu na cukr. Protože mykorhizní houby obecně asimilují rozpustné sacharidy, jejich nepřítomnost nebo přítomnost v malých množstvích by mohla ovlivnit rostliny. Houba zasahuje do metabolismu sacharidů hostitele tím, že působí jako jímka. U endomykorhizní mykorhizy se proces ukládání sacharidů může lišit. Trehalóza a mannitol nebyly nalezeny u endomykorhizních hub (Thangadurai, Busso a Hijri, 2010, Siddiqui a kol., 2008).

Vlivy prostředí

Některé environmentální faktory, jako jsou světlo, půdní podmínky (vlhkost, minerální živiny, znečišťující látky) a také interakce s ostatními půdní organismy, jsou zodpovědné za interakce mezi růstem hostitele a vývojem rostlin a mykorrhizou. Nižší úroveň obsahu dusíku N vede k vyšší úrovni ektomykorhizní tvorby. Nicméně, mykorhizní rozvoj není vždy vázán jen na chudé půdy, ale také může záviset na půdním typu a rovnováze živin. Kromě toho také množství znečišťujících látek uvolňujících se z hnojiv může ovlivnit vývoj mykorhizy. Endomykorhiza je častější u půd s nízkou plodností, zvláště když dusík a fosfor jsou v nízké koncentraci. Většina z mykorhizních hub musí mít optimální teplotu pro vytvoření symbiotického vztahu a přežití podmínek mykorhizy (Thangadurai, Busso a Hijri, 2010).

3.5 Očkovací látky

V posledních několika desetiletích se zvýšil zájem o AM houby. Výroba a použití těchto prospěšných hub pro zemědělské účely roste v posledních letech v celosvětovém měřítku, stále se zvyšuje počet společností vyrábějících mykorhizní houby. U hlavních plodin můžou přispívat ke snížení množství chemických hnojiv a pesticidů, což vede k produkci zdravějších potravin, které snižují zdravotní rizika. Významnou skupinu těchto prospěšných mikroorganismů zahrnují arbuskulární mykorhizní (AM) houby. Tyto prospěšné symbiotické houby mají důležitou roli při získávání minerálních živin z půdy.

Evropské firmy a jejich výzkumy zajišťují vyšší dostupnost AM hubového inokula. AM houby mají obrovský potenciál pro zvýšení produktivity a kvality plodiny, v kombinaci s redukcí aplikace minerálních fosforečných hnojiv. Přesto se tyto houby aplikují málo ve velkém měřítku v zemědělství, důvodem je ekonomická nevýhodnost (Varma, 2008).

Pešková (2008) uvádí vhodnost použití umělé mykorhizní inokulace při rekultivaci poškozených ekosystémů – zalesňování nelesních půd, rekultivace skládek a odpadů z průmyslových činností. Používají se tyto symbionti – *Amanita muscaria*, *Hebeloma crustuliniforme*, *Hebeloma mesophaeum*, *Laccaria bicolor*, *Laccaria laceta*, *Pisolithus tinctorius* a další. Inokulace se provádí především kvůli úspěšnému přežití sazenic po přesázení a stimulace jejich dalšího efektivního růstu ve stresových podmínkách v delším časovém období.

Kombinace použití *G. coronatum* a nepatogenní *Fusarium oxysporum* má pozitivní vliv na mykorhizu kořenů rajčat. Dále se dle pokusů zjistilo, že kombinované očkování *G. mosseae* a *T. harzianum* nebo *P. oxalicum* vede k většímu růstu pelargoníí. U některých kmenů *Phoma sp.* bylo prokázáno, že mají schopnost produkovat kyselinu abscesovou (Siddiqui a kol., 2008).

Mykorhizní přípravky

V České republice se mykorhizními přípravky zabývá firma Symbiom.s.r.o. Firma Symbiom s.r.o. nabízí přípravky- **Symbivit**, který je vhodný pro pokojové rostliny (muškáty, petúnie, verbeny,...),okrasné stromy a keře (javor, jasan,...), zeleninu (rajčata, okurky, cibule,...), ovoce (jahodníky, maliníky, jabloně,...). Dále **Ectovit**, který je vhodný pro břízu, buk, cedr, habr, lísku, olši, topol, vrbu, jedli, smrk a jiné, obsahuje ektomykorhizní houby. **Rhodovit** je přípravek vhodný k ošetření vřesovcovitých rostlin – rododendrony, azalky, vřesy, borůvky. Obsahuje erikoidní houby (www 2., 2016).

V zahraničí se touto problematikou zabývá více firem. V Německu jsou to firmy Triton, INOQ, MycoTech. Firma INOQ nabízí výrobky INOQ Hobby, což je produkt pro hrnkové rostliny a zahradu, INOQ Hydro pro rostliny v hydroponii a INOQ Agri, které obsahují mykorhizní houbu *Glomus intraradices* (*Rhizophagus irregularis*). Dalšími produkty v sortimentu je INOQ lesnictví, který je tvořen ektomykorhizními

houbami a INQO Rhodazo, tento přípravek obsahuje erikoidní mykorhizu - *Hymenoscyphus ericae*, *Oidiodendron spp.* (www 12., 2016). Ve Francii se mykorhizou zabývají firmy Biorize a Robin. Firma Briorize nabízí přípravky využitelné v zahradnictví a firma Robin se zaměřuje na použití v lesnictví. Ve Velké Británii jsou to firmy MicroBio a PlantWork, které nabízí výrobky RHS Rootgrow pro kontejnerové rostliny, RHS Rootgrow pro lepší zakořenění rostlin a RHS Supreme Green Lawn Seed pro trávníky (www 13., 2014). V USA mají zastoupení firmy Roots, Plant health Care a mnoho dalších firem (Vosátka, 2003).

3.5.1 Metody aplikace

Mykorhizní přípravky se aplikují přímo do výsadbových jamek při výsadbě rostlin nebo se mohou přidat a smíchat se substrátem nebo je zapravujeme ke kořenům rostlin. Velmi důležité je, aby se diaspory hub dostaly do kontaktu s nově rostoucími kořeny.

Namáčení kořene – Přípravek promícháme s určeným množstvím vody a tím nám vznikne kašovitá směs. Do této směsi namáčíme celý povrch kořenů. Po namočení se rostliny musí ihned zasadit.

Suchá aplikace - Přípravek přidáváme do substrátu při výsadbě rostlin do kontejnerů. Na odměření určené dávky použijeme odměrky přiložené k balení. K dospělým rostlinám můžeme přípravek přidat tak, že uděláme několik otvorů okolo rostliny, do nich dáme přípravek a zasypeme substrátem.

Injekční aplikace – Použití především pro dospělé stromy, zlepšení celkové vitality stromu. Složení injekčních přípravků: rašelina, houby rodu *Glomus*, polyakrilový gel a hnojivo (www 2., 2016).

3.5.2 Stanovení rozvoje mykorhizní symbiózy

Barvení kořenů

Barvení kořenů je nejběžnější technika pro výzkum mykorhizních asociací. Nejpoužívanější metoda je barvení trypanovou modří v laktofenolu, při ní jsou kořeny projasněny roztokem KOH, okyseleny HCl a obarveny tropanovou modří v laktofenolu. Další velice blízkou metodou je využití barvicího media, a to 0,01 % roztoku fuchsinu

v laktoglycerolu. Kořeny jsou touto metodou obarveny do světle červené, a to je značná nevýhoda pro další morfologické studie. Další používaná barviva jsou anilinová modř a chlorozolová čern E (Gryndler a kol., 2004).

Stanovení kolonizace kořenů – mikroskopicko-vizuální stanovení

Průsečková metoda

Tato metoda je nejrozšířenější. Pod Petriho misku položíme průhlednou fólii, kde je vyznačena čtvercová mřížka. Sledujeme průsečky kořenů se čtvercovou mřížkou a zaznamenává se přítomnost či nepřítomnost mykorhizních struktur. Hodnotíme minimálně 100 průsečků. Při větším zvětšení se dá odhadnout i podíl kořenové délky zastoupený jednotlivými strukturami arbuskulárních mykorhizních hub (www 5., 2012).

Preparátová metoda

Obarvené 1 cm segmenty se umístí na podložní sklíčka a sledují se pod mikroskopem. U každého segmentu se zaznamenává výskyt nebo absence arbuskulární mykorhizní kolonizace. Také se může vyhodnotit množství kolonizace (www 5., 2012).

3.6 Substráty

Substrát je prostředí pro zakořeňování rostlin. Rostliny svými kořeny a kořenovým vlášením ze substrátu čerpají vodu a živiny. Substráty mají velký vliv na pěstování rostlin, musejí být bez choroboplodných zárodků, semen plevelů a škodlivých chemických látek. Toxické chemické látky jako minerální oleje, benzin, aceton a některé chemické prvky – kadmium, olovo, arzén a další, škodí rostlinám a intenzivně se hromadí ve tkáních. Také nesmí být zasolený, velký podíl soli v substrátu způsobuje úhyn rostlin. Substráty musejí mít vyvážený poměr živin pro dobrý růst rostlin. Nejdůležitější živiny (makroprvky) jsou dusík, draslík, fosfor, vápník síra, železo a hořčík. Také neméně důležité pro výživu jsou mikroprvky – zinek, mangan, bor, molybden, kobalt, chlor. Nadbytek živin způsobuje poruchy růstu rostlin (Fülöp 2007). Základní složky substrátu jsou pevná, kapalná a plynná část. Substráty se skládají z kombinací fází v různém poměru a kvalitě. Plynná fáze je dusík, kyslík, oxid uhličitý a vodní páry a další v menším množství. Kapalná fáze je pro rostliny neméně důležitá. Kapalná fáze obsahuje živiny lehko přístupné pro rostliny. Voda slouží jako prostředek

transportu živin pro rostliny. Jen při pravidelném přijímání a vypařování probíhají v rostlinách všechny životní pochody. Pevnou fází tvoří minerální, organické a další komponenty. Při tvorbě substrátů je významná jejich vysoká pórovitost – kyprost (nízká objemová hmotnost), vhodná pórovitost nad 70 %, dobrý poměr vody a vzduchu, půdní reakce (nejčastěji v rozmezí 5,5 – 6,5), sorpční schopnost pro živiny, jímavost pro vodu, biologická a chemická nezávadnost. Organický podíl zvyšuje vododržnost, prokypřuje substráty a obohacuje substráty o biologicky aktivní látky. Vododržnost je objem vody, který zůstává v substrátu po zalití. Tepelná vodivost je neméně důležitou vlastností a vyjadřuje rychlost pronikání tepla do substrátu. Další významnou vlastností substrátu je hodnota pH, která představuje poměr koncentrací hydroxylových a vodíkových iontů. Když je v substrátu více hydroxylových iontů, je reakce alkalická, když je více vodíkových, reakce je kyselá. Rostliny potřebují pro svůj růst optimální pH, při silné alkalické nebo kyselé reakci rostliny hynou. Substráty také ovlivňují živé organismy, největší zastoupení mají bakterie, viry, houby, řasy, roztoči, červi, hlístice, žížaly, stonožky a hmyz, které mohou být příčinami chorob rostlin (Bedrna, 1989, Hlušek a kol., 2002, Lemaire, 1995).

Komponenty substrátu mohou být rašelina, zelený kompost, kompostovaná kůra, jílové minerály, perlit, keramzit, jednosložková i vícesložková hnojiva, polystyren, písek, zvlhčující činidla, kokosová vlákna, rýžové plevy a další. Rašelina je přírodní organická hmota vzniklá z odumřelých rostlin a prochází procesem rašelinění. Substráty jí obsahují 50 – 100 % (Pokluda, 2005). Zelený kompost tvoří více surovin jako větve stromů, listí, posekaná tráva, doba kompostování je delší, jeho obsah v substrátech činí asi 10 – 30 %. Kompostovaná kůra listnáčů není vhodná, používáme nadrcenou kůru jehličnatých dřevin, kterou zvlhčíme a přidáme živiny N a P., v substrátech je v zastoupení asi 10 – 30 %. Perlit vylehčuje substráty, jeho podíl činí cca 15 %. Keramzit je přírodní surovina, používá se do substrátů pro trvalky, extenzivní střešní zahrady, v substrátech má zastoupení asi 10 až 70 %. Hnojivo do substrátů se nejběžněji používá práškové s živinami N, P, K a mikroprvky, dávka hnojiva bývá obvykle startovací a po 4 – 6 týdnech je třeba rostliny přihnojit. Polystyren vylehčuje substráty, ale nezadržuje vodu. Dalším komponentem je písek, pokud je vyšší obsah písku, zvyšuje se propustnost, ale zadržení vody se snižuje. V substrátech má podíl 5 až 90 %. Zvlhčující činidla zlepšují rozvod vody ke kořenům (Valtera, 2004).

Komponenty	Objemová hmotnost (g/l)	Spalitelné látky (%), (organické látky)	Sušina (%)	pH
Rašelina	190	90,6	38,7	3,6
Kompostovaná kůra	290	69,3	47,6	6,5
Zahradní zemina	700	21,4	76,6	6,8

Tabulka č. 1: Údaje o objemové hmotnosti, obsahu spalitelných látek, sušiny a pH některých komponentů substrátu (Vaněk, 2007).

3.6.1 Typy pěstitelských substrátů

Výsevní substrát

Má velmi jemnou strukturu, bez dlouhých vláken, do 8 mm. Substrát je vhodný pro výsevy i těch nejnáročnějších druhů osiv, pro vegetativní množení dřevitých i bylinných řízků. Předpěstování nejmladších rostlin vyžaduje neutrální pH – 5,5 až 6,5. Výsevní substrát by měl mít velmi nízkou objemovou hmotnost, vysokou nasáklivost pro vodu, dále by měl být vzdušný, nezaplevelený, nezasolený, bez zárodků chorob a škůdců.

Množárenský substrát s perlitem

Struktura je jemná. Je to ideální substrát pro vegetativní množení dřevitých i bylinných řízků. Pro předpěstování nejmladších rostlin vyžaduje neutrální pH 5,5 – 6,5 a nízkou hladinu přístupných živin. Tento substrát má velmi nízkou objemovou hmotnost, vysokou nasáklivost pro vodu, nezaplevelenost a nezasolenost.

Pěstební substrát

Substrát je vhodný pro pěstování již dobře zakořeněných rostlin a má vyšší koncentraci živin. Strukturu má středně hrubou. Je bezplevelný, nezaplevelený a bez zárodků chorob a škůdců.

Sortiment pěstebních substrátů je velmi široký, příklady: Substrát pro pelargonie, Substrát pro kaktusy, Substrát pro rododendrony a azalky, Substrát pro mobilní zeleň, Substrát pro chryzantémy a mnoho dalších (www 10., 2016).

3.7 Školkařská produkce v kontejnerech

Při produkci v kontejnerech musíme zvolit kvalitní substrát, výživu a vhodnou závlahu. Dřeviny v kontejnerech mají omezený prostor pro kořeny a jsou mnohem více ovlivňovány vnějším prostředím. Mezi nejvýznamnější stresory řadíme vysoké teploty, vítr, záření, sucho, přemokření, nedostatek kyslíku, živin, toxické látky, zasolenost, dále viry a živočichy. Dle druhu rostlin, pěstování a vegetačního období je odolnost vůči stresům různá. Důležitý je také výběr kontejneru, velikost kontejneru, tvar, barva a umístění odtokových otvorů pro získání kvalitního výpěstku. Pro rostliny v kontejnerech je velmi významná závlaha. Závlaha musí být častá, protože substrát rychle vysychá. Závlahu provádíme mikropostřikem, postřikem nebo kapkovou závlahou. Postřik je nejčastější způsob, ale mokré listy mohou zvyšovat riziko napadení houbovými chorobami. Kapková závlaha je modernější způsob, tato závlaha dávkuje vodu ke kořenům každé rostliny. Také musíme pravidelně přihnojovat (Sloup, Salaš, 2007).

4 MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

4.1 Charakteristika pokusné plochy

Pokus byl založen v Lednici na ploše kontejnerovny Ústavu šlechtění a množení zahradnických plodin. Lednice se nachází v nadmořské výšce 173 metrů nad mořem, 6 km severozápadně od Břeclavi. Průměrná roční teplota za období 1961-2008 činila 9,5 °C a průměrný roční úhrn srážek 491 mm. Podle Koppenovy klasifikace se jedná o oblast Cb_b s klimatickými znaky mírného pásu, což znamená rovnoměrné rozložení srážek během roku, mírně teplé léto a mírně teplou zimu, přičemž lednová teplota je vyšší než - 3 °C a červencová nižší než 22 °C (www 6., 2015). Na kontejnerovně byla umístěna čidla a z jejich měření se sestavily grafy teploty a vlhkosti vzduchu, které jsou v příloze. Z grafu teploty vyplývá, že v průběhu pokusu teploty vystoupaly v místě kontejneru k nejvyšším teplotám 42 °C a to ve dnech 4. 7. a 23. 7. 2015, nejnižší naměřené hodnoty jsou zjištěny ve konci pokusu a to 30. 9., kdy teploty vystoupily pouze k 7 °C. U grafu vlhkosti máme nejnižší naměřené hodnoty 15. 5. a 31. 7. 2015, kdy vzdušná vlhkost dosáhla pouze k 25 %. Průměrné hodnoty se během celého pokusu pohybovaly mezi 60 až 100 % vzdušné vlhkosti.



Obrázek 3. Kontejnerovna (Letecký snímek, 2016).

4.2 Rostlinný materiál

Spiraea bumalda ‘Anthony Waterer’

Říše – *Plantae* - rostliny

Oddělení - *Magnoliophyta* Cronquist, Takht. & W.Zimm. – rostliny krytosemenné

Třída – *Rosopsida* Batsch – vyšší dvouděložné rostliny

Řád – *Rosales* Perleb – růžotvaré

Čeleď - *Rosaceae* L. – růžovité

Rod – *Spiraea* L. – tavolník

Rod *Spiraea* tvoří asi 80 až 100 druhů. Domácí je na severní polokouli. Tavolníky jsou vytrvalé listnaté keře. Listy mají většinou kopinaté (úzce oválné) a ozubené, palisty chybí. Květy má pětičetné. Rostliny jsou vysazovány jako okrasné, některé kvetou na jaře a jiné uprostřed léta (www 8., 1999- 2016).

Spiraea bumalda ‘Anthony Waterer’

Rodičovské druhy jsou *Spiraea albiflora* x *Spiraea japonica* (Hurych, 2003). Velice podobná je druhu *Spiraea japonica*, od kterého se velmi obtížně rozeznává. Odrůda vyšlechtěna v roce 1875. *Spiraea bumalda* ‘Anthony Waterer’ je listnatý padavý keř, hustě rozvětvený. Keř dosahuje výšky 0,8 – 1,0 m a šířky 0,9 – 1,2 m. Letorosty má rýhované, v mládí chlupaté. Listy jsou vejčitě kopinaté, 3 – 7 cm, 2x ostře pilovité, zelené, často žlutavě nebo smetanově panašované, na podzim tmavě červené s bronzovým nádechem. Květenství má chocholičnaté, 6 -12 cm široké ploché laty. Květy jsou karmínově červené barvy. Plody měchýřky pukají bříšním švem, semena jsou podlouhlá. Borka je tenká a rezavě hnědá. Kvetení červenec až srpen.

Spiraea vyhovují slunná stanoviště, ale snese i polostín, pH mírně kyselé až mírně zásadité, roste v běžné zahradní půdě. Řeže se na jaře a zakrácí se asi o polovinu. Množí se řízkováním, bylinné řízky, polovyzrálé a dřevité řízky. Nejčastěji bylinné řízky, termín odběru červenec, použití stimulatorů s 4000 ppm IBA. Použití okrasný keř – solitera, skupiny, zahuštěné výsadby (www 7., 2015).



Obrázek 4. *Spiraea bumalda* 'Anthony Waterer' (Linhartová, 2015).

4.3 Přípravek Symbivit

Je založený na využití vlastností mykorhizní hub. Vyrábí ho firma Symbiom s.r.o. Výrobce uvádí, že po použití přípravku můžeme očekávat lepší a vyrovnaný růst rostlin, bohatší a zdravější kořenový systém, větší bohatství květů a plodů, nižší potřebu závlivky a hnojení, lepší překonání období sucha, rostliny lépe snáší přesazování, zpevnění okolní půdy, ochranu proti některým půdním chorobám. Očkovací přípravek obsahuje 6 významných evropských mykorhizních druhů hub *Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*, *Glomus etunicatum*, *Glomus claroideum*, *Glomus microaggregatum*, *Glomus geosporum*. Dále přípravek obsahuje humáty, mleté horniny, přírodní jílové nosiče, biologicky rozložitelné granule absorpčního gelu a výtažky z mořských organismů. Cena Symbivitu se pohybuje okolo 65 Kč za 90 g, při hmotnosti 20 kg je cena 2 908 Kč. Dle velikosti rostlin (kořenového balu) dávkujeme přípravek. Přípravek byl aplikován při založení pokusu ve čtyřech variantách a to 6 g, 3 g, 1,5 g a 0 g na sazenici do kontejneru o objemu 1,5 l. Při dávce 6 g na rostlinu se cena přípravku pohybuje kolem 4,3 Kč, u 3 g je to 2,16 Kč a u 1,5 g je cena 1,08 Kč (www 2., 2016).



Obrázek 5. Symbivit (www 2., 2016).

4.4 Hnojivo YaraMila Complex

Na přihnojení bylo použito hnojivo YaraMila Complex. Je to granulované bezchloridové NPK hnojivo s mikroprvky s fosforem ve formě polyfosfátu určené pro hnojení speciálních kultur, jako jsou ovoce, zelenina, květiny, okrasné dřeviny a trávníky. Hnojivo obsahuje jak rychle přijatelný nitrátový dusík, tak i pomaleji přístupný amoniakální dusík. Fosfor v kombinaci orthofosfátů a polyfosfátů zajišťuje jak okamžitou, tak dlouhodobou výživu. Hnojivo bylo aplikováno třikrát 27. 5., 9. 7. a 19. 8., vždy zhruba asi po pěti týdnech, v množství 3 g na rostlinu a kontejner pro všechny varianty (www 9., 2012). Složení hnojiva je uvedeno v Tabulce č. 2.

Deklarovaný obsah:	
Celkový dusík jako N	12 %
Nitrátový dusík NO ₃	5 %
Amoniakální dusík NH ₃	7 %
Celkový fosfor (P) jako P ₂ O ₅	11 %
Fosforečnan vodorozpustný	7,7 %
Celkový draslík (K) jako K ₂ O	18 %
Vodorozpustný K ₂ O	18 %
Celkový hořčík (Mg) jako MgO	2,7 %
Vodorozpustný MgO	1,3 %
Síra (S)	8 %
Bór (B)	0,015 %
Železo (Fe)	0,2 %
Mangan (Mn)	0,02 %
Zinek (Zn)	0,02 %

Tabulka č. 2: Složení hnojiva (www 9., 2012).



Obrázek 6. YaraMila Complex (Linhartová, 2015).

4.5 Substrát

Na výsadbu rostlin byl použit Pěstební substrát RKS II od firmy AGRO CS a.s. Říkov. Substrát je vhodný pro pěstování již dobře zakořeněných rostlin vyžadujících těžší typ rašelinokůrových substrátů s vyšší koncentrací živin, jako jsou listnaté okrasné dřeviny, ovocné dřeviny. Substrát obsahuje 50 % bílé rašeliny, 30 % černé rašeliny, 20 % kompostu kůrového, 30 kg/m³ bentonitu, 2,0 kg/m³ N, P, K 14 + 16 + 18 + ME, 150 g/m³ Micromaxu Premium, 100 ml/m³ zvlhčovací činidla, pH je 5,5 – 6,5. N od 250 do 350 mg/l, P₂O₅ od 200 do 250 mg/l, K₂O od 300 do 400 mg/l. Substrát je bezplevelný (www 10., 2016).

4.6 Závlaha

Kontejnerovna na Ústavu šlechtění a množení zahradnických plodin je zavlažována povrchovou vodou z velkoplošných závlah. Provozuje je firma VIA AQUA s.r.o. Velké Bílovice, voda se přečerpává z Dyje do zásobní nádrže a z ní jde do trubní sítě rozvodu závlah. Na kontejnerovně se používají především rotační postřikovače a kapková závlaha (www 11., 2008). Závlahu u pokusu řídil centrální

system a byla prováděna postřikem. U závlahy postřikem je výhoda přesného dodání požadované závlahové dávky v odpovídajícím termínu, vysokého využití dodané vody a v neposlední řadě úspora pracovních sil na jednotku zavlažované plochy. Mezi nevýhody patří vyšší provozní náklady způsobené především růstem cen energie, vyšší spotřeba vody proti kapkové závlaze, a dále ztráty způsobené odvátím větru, povrchovým odtokem nebo průsakem (Růžička, 1996).

4.7 Metodika pokusu

Založení pokusu proběhlo 27. 4. 2015 na kontejnerovně Ústavu šlechtění a množení zahradnických plodin. Na pokus byly použity zakořenělé rostliny *Spiraea bumalda* 'Anthony Waterer' od firmy Adametz. Okrasná školka Adametz má rozlohu 5 ha a sídlí v Malých Hořticích. Zabývá se produkcí mladého rostlinného materiálu množeno vegetativně (www 15., 2016).

Rostliny se zasadily do kontejnerů o objemu 1,5 litru. Do každého kontejneru se přidal přípravek Symbivit a to v různém množství - do první varianty 6 g, druhá varianta 3 g, třetí varianta 1,5 g a čtvrtá varianta byla kontrola 0 g přípravku. Varianty byly zasazeny po 50 rostlinách a vše se čtyřikrát opakovalo, celkem tedy 800 ks. Opakování bylo označeno A, B, C, D. Pokus je schématicky naznačen v Tabulce č. 3. Všechny rostliny byly umístěny na rovnou plochu pokrytou textilií na kontejnerovně. Na kontejnerovnu bylo umístěno čidlo, které zapisovalo údaje o teplotě a vlhkosti vzduchu. Výstupní hodnoty z měření jsou zpracovány v Grafech 8. a 9. v příloze.



Obrázek 7. Založení pokusu (Linhartová, 2015).

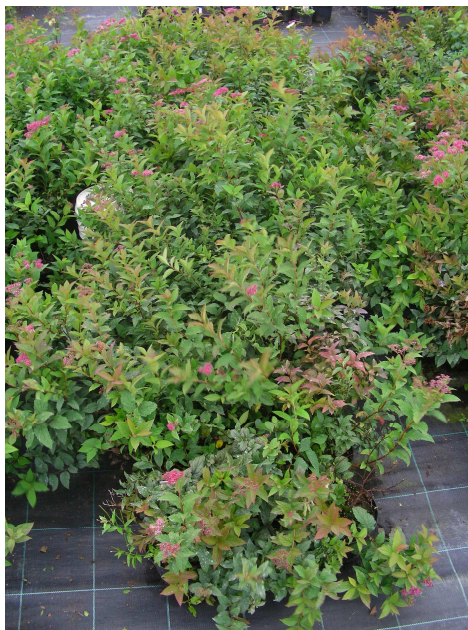
Opakování	Varianty	Množství přípravku Symbivit
A	1. (50 ks rostlin)	6 g
	2. (50 ks rostlin)	3 g
	3. (50 ks rostlin)	1,5 g
	4. (50 ks rostlin)	0 g
B	1. (50 ks rostlin)	6 g
	2. (50 ks rostlin)	3 g
	3. (50 ks rostlin)	1,5 g
	4. (50 ks rostlin)	0 g
C	1. (50 ks rostlin)	6 g
	2. (50 ks rostlin)	3 g
	3. (50 ks rostlin)	1,5 g
	4. (50 ks rostlin)	0 g
D	1. (50 ks rostlin)	6 g
	2. (50 ks rostlin)	3 g
	3. (50 ks rostlin)	1,5 g
	4. (50 ks rostlin)	0 g

Tabulka č. 3: Schematicky varianty pokusu.

Rostliny se vždy zhruba po pěti týdnech přihnojily YaraMila Complexem v dávce 3 g na rostlinu, přihnojilo se třikrát 27. 5., 9. 7., 19. 8. 2015. Rostliny byly pravidelně zavlažovány a odplevelovány. Na konci vegetace 30. 9. 2015 se změřila výška rostlin, byl spočítán počet výhonů a změřen průměr kořenového krčku. Vždy bylo změřeno 25 rostlin z každé varianty, celkem tedy změřeno 400 rostlin a u nich všechny uvedené parametry. Poté se v laboratoři v ústavu Brně provedlo stanovení mykorhizní kolonizace.



Obrázek 8. Přihnojení rostlin a konec vegetace (Linhartová, 2015).



Obrázek 9. Konec vegetace (Linhartová, 2015).

4.8 Vyhodnocení

Na konci vegetace se provedlo hodnocení parametrů – výška rostlin, průměr kořenového krčku, počet výhonů a stanovení mykorhizní kolonizace.

4.8.1 Výška rostlin, průměr kořenového krčku a počet výhonů

Měření výšky rostlin, průměru kořenového krčku a spočítání výhonů bylo provedeno 30. 9. 2015. Na měření výšky rostlin bylo použito pravítko, měření bylo prováděno od báze kořenového krčku po vrchol rostliny. Průměr kořenového krčku se zjišťoval pomocí digitálního posuvného měřidla. Celkem bylo vyhodnoceno 400 rostlin. Naměřené hodnoty byly použity pro statistické vyhodnocení.



Obrázek 10. Měření výšky rostlin (Linhartová, 2015).

4.8.2 Stanovení kolonizace kořenů mykorhizními houbami

V říjnu také proběhla laboratorní analýza kořenů v laboratoři množení a šlechtění zahradnických plodin. Na kořenech byly pozorovány mykorhizní houby – arbuskulární mykorhiza. Odebralo se vždy 10 vzorků (kořenů) na variantu, celkem tedy 40 vzorků. Kořeny bylo nutné několikrát důkladně omýt, zbavit nečistot, půdy. Na samotný pokus je třeba vybrat spíše tenké kořeny. Kořeny je nutné nastříhat na asi 1 – 2 cm segmenty. Před vlastním barvením byl změřen objem kořenů vložením do válce.

Objem kořenů

Než se začalo s barvením, změřil se objem kořenů u každého vzorku. Kořenový bal musel být důkladně omytý a zbavený všech nečistot. Kořen se vložil do skleněného válce naplněného do určité výšky vodou a poté co hladina vystoupala do určité výšky, tak se odpočítala od původní. Naměřené hodnoty jsou znázorněny v Grafu 6.



Obrázek 11. Omyté kořeny pro měření objemu (Linhartová, 2015).

Barvení trypanovou modří

Kořeny je nutné důkladně omýt a nakrájet na segmenty dlouhé asi 1 – 2 cm. Samotné barvení trypanovou modří bylo provedeno takto: Segmenty kořenů se namáčejí v 2 % KOH po dobu 90 minut a teplotě 90 °C kvůli projasnění (rozpustí se cytoplazmatická membrána). Doba je závislá na stáří rostlin a pohybuje se cca od 6 do 24 hodin, tuto dobu je možné zkrátit povařením nebo autoklávem 15 – 20 minut, 121 °C. Poté následovalo důkladné promytí vodou přes jemné sítko a kořeny se namáčejí do 1 % HCl na 10 minut. Po vyjmutí z HCl se již kořeny nevymývají kvůli dostatečnému okyselení a jsou zality trypanovou modří a opět povařeny při 90 °C po dobu 90 minut. S trypanovou modří se musí pracovat opatrně, patří mezi karcinogenní látky. Potom jsou vzorky důkladně promyty vodou také přes jemné sítko a uloženy v uzavíratelných nádobách, zality laktoglycerolem a poté dány do lednice. Kořeny byly zkoumány pod mikroskopem Olympus BX60 a pro zdokumentování byly pořízeny fotografie na fotoaparátu Canon EOS 1200D. Fotografie jsou přiloženy v příloze.

Barvení inkoustem

Kvůli toxicitě předchozího barvení, bylo také použito barvení inkoustem, které je méně průkazné a méně barevně kontrastní. Tyto kořeny jsou namáčeny v horkém 10 % KOH kvůli projasnění. Poté jsou několikrát opláchnuty pod tekoucí vodou. Dále jsou vzorky povařeny po dobu 3 minut v 5 % inkoustovo-octovém roztoku. Následně jsou obarvené kořeny omyty minimálně 20 minut ve vodě, do které je přidána kyselina octová (Gryndler a kol., 2004).



Obrázek 12. Připravené segmenty kořenů k obarvení (Linhartová, 2015).



Obrázek 13. Vaření kořenů v trypanové modři (Linhartová, 2015).



Obrázek 14. Vzorky v nádobách zalité laktoglycelorem (Linhartová, 2015).

Stanovení mykorhizní kolonizace

Hodnocení kořenů se provedlo vizuálně tzv. preparátovou metodou. Obarvené asi 1 cm dlouhé segmenty se umístily na podložní sklíčko a hodnotila se kolonizace. Celkem se vyhodnotilo z každé varianty 50 segmentů dlouhých 1 cm. Pokud se kolonizace vyskytuje, zaznamenáme (+), pokud není přítomná (-). Pro výpočet procenta kolonizace byl použit vzorec: $\%C=100(+)/((+)+(-))$. Tato metoda není náročná, ale její výsledek není zcela přesný (www 5., 2012).

4.9 Metody statistického vyhodnocení

Statistické vyhodnocení je provedeno programem Statistica 12. Porovnávala se výška rostlin, průměr kořenového krčku a počet výhonů jednotlivých variant. Na vyhodnocení byla použita jednofaktorová analýza rozptylu ANOVA.

Vycházelo se z následujících hodnot:

$p < 0,01$ – statisticky vysoce průkazný rozdíl

$0,01 < p < 0,05$ – statisticky průkazný rozdíl

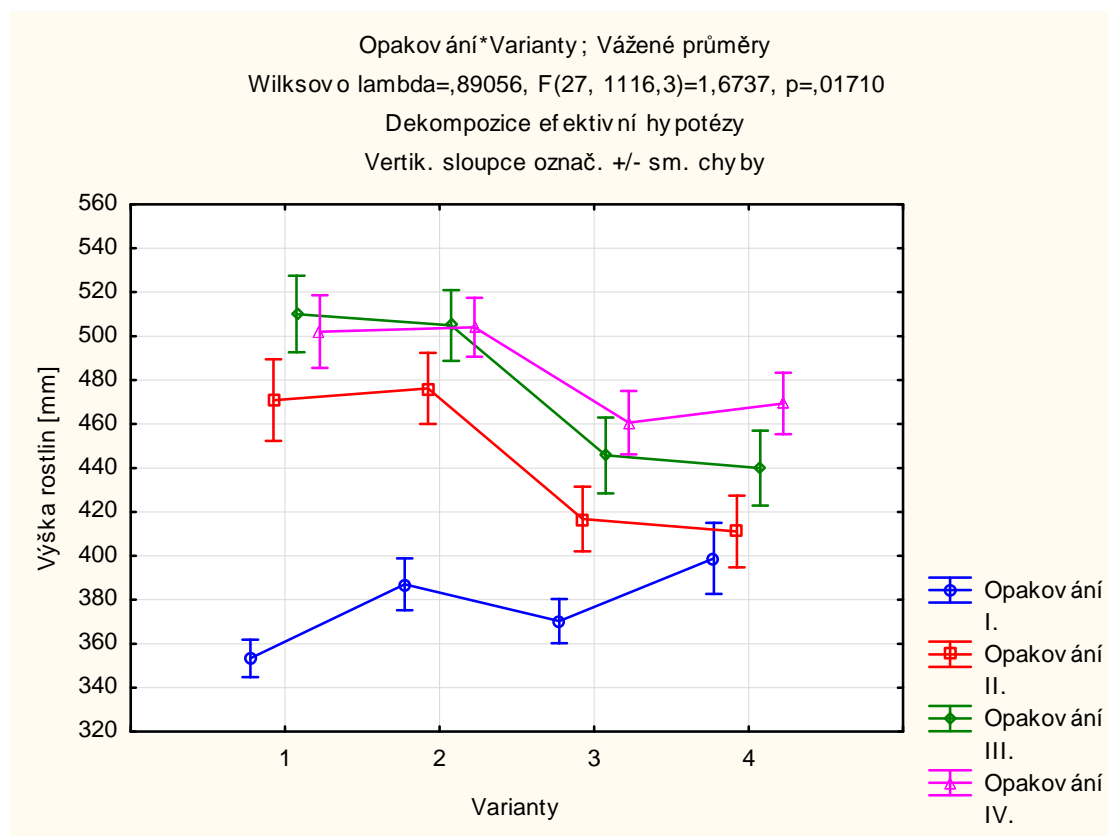
$p > 0,05$ – statisticky neprůkazný rozdíl

5 VÝSLEDKY

Výstupy z tohoto pokusu vycházejí z naměřených hodnot výšky rostlin, průměru kořenového krčku a počtu výhonů měřených v kontejnerovně. Dále z měření v laboratoři, kde se zjišťovala na vybraných vzorcích od každé varianty objem kořenů a míra kolonizace. Podrobnější vyhodnocení výsledků je uvedeno v následujících podkapitolách:

5.1 Výška rostlin – opakování I.

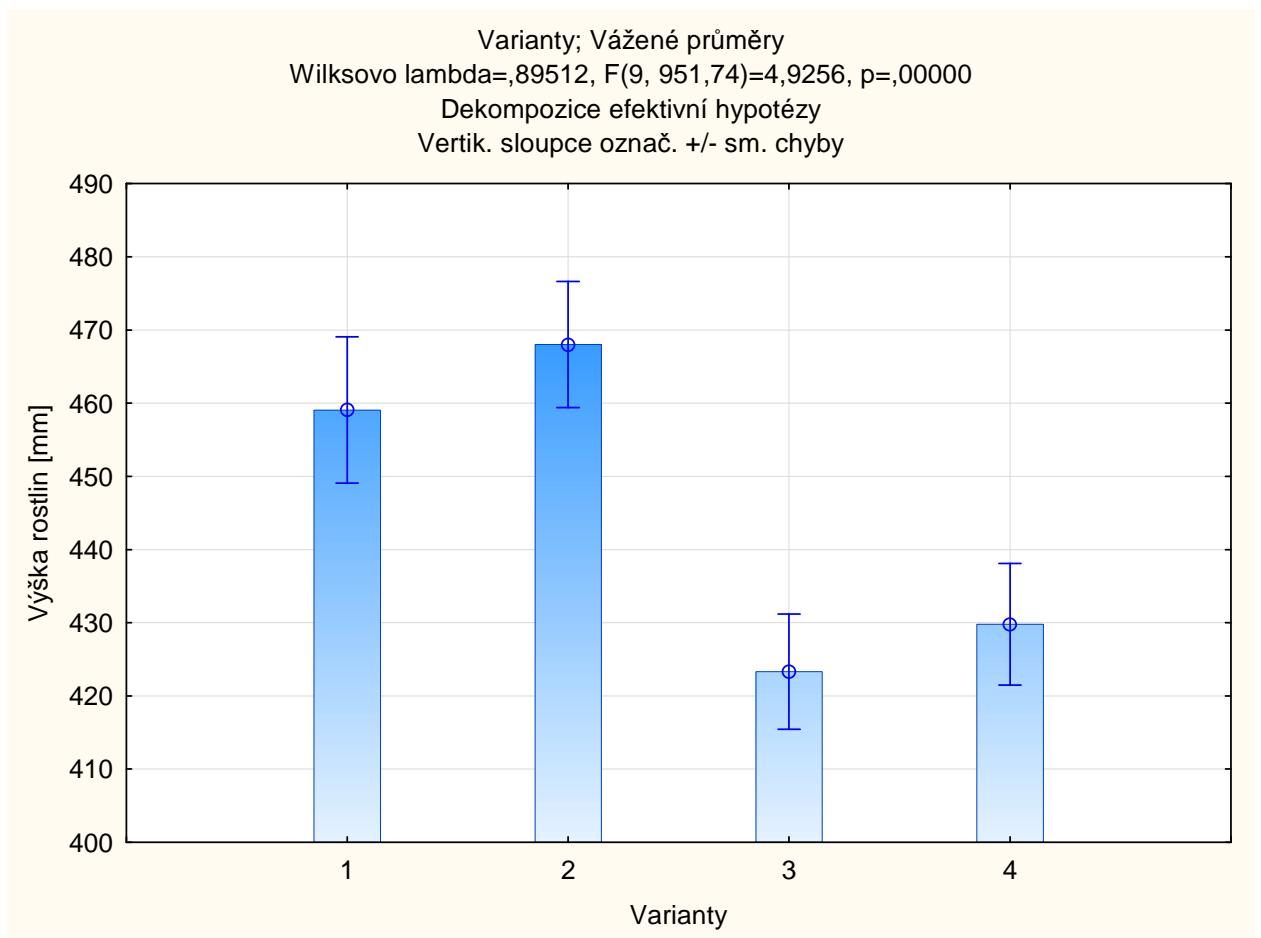
Z grafu 1 vyplývá, že opakování I. je odlišné od ostatních, má výrazně nižší hodnoty. Opakování I. bylo umístěno na kraji pokusu, kde byla slabší závlaha. Rostliny tedy měly jiné podmínky, než v ostatních opakováních, kde byla závlaha standardní. Tím byl pokus vlivu množství očkovacího přípravku Symbivit na rostliny ovlivněn. V dalším vyhodnocení již tedy není opakování I. uvažováno.



Graf 1. Výška rostlin – opakování I. (Linhartová, 2016).

5.2 Průměrná výška rostlin

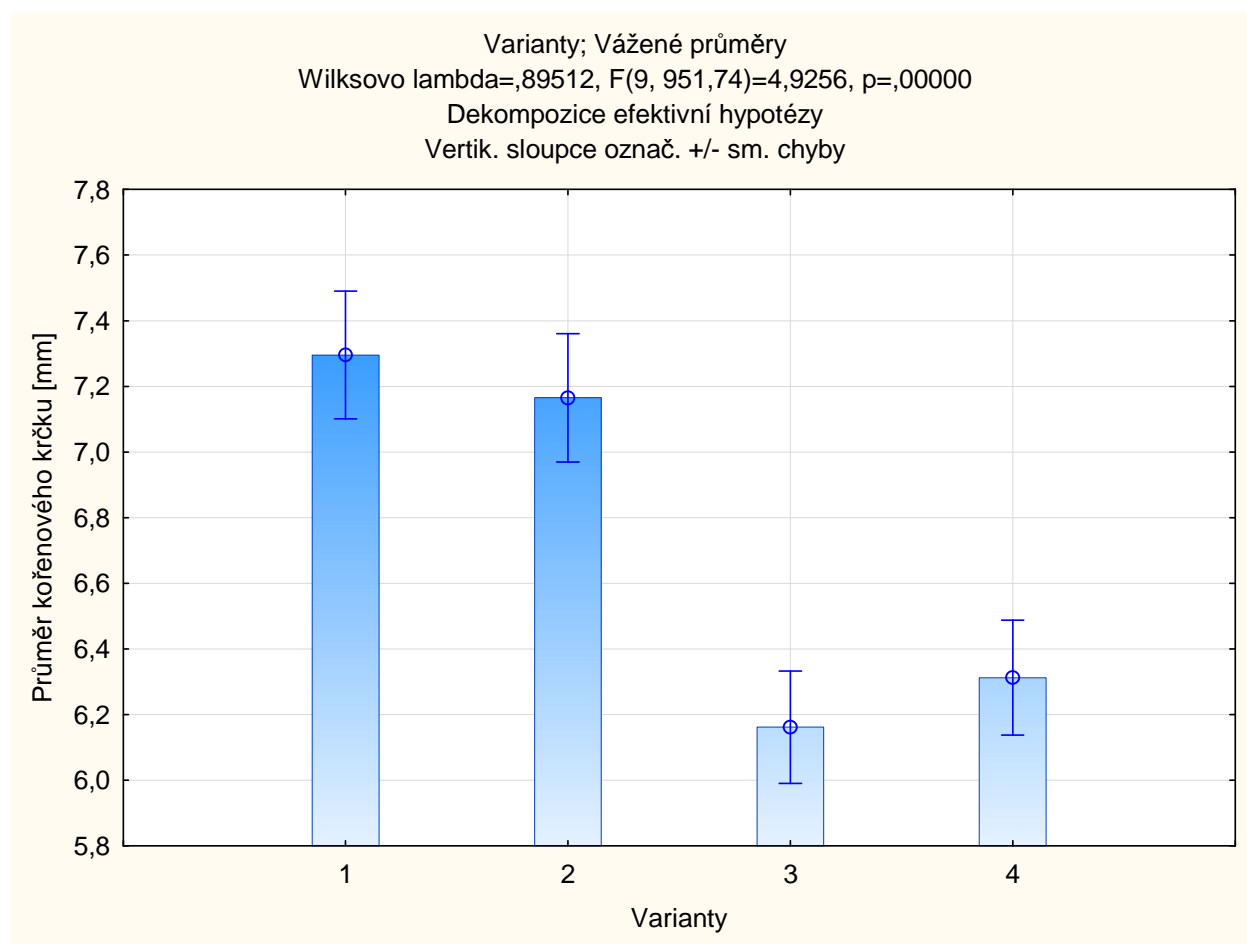
Nejvyšší naměřené hodnoty vážených průměrů výšky rostlin jsou u varianty 2 - 468,1 mm. Naopak nejnižší průměrné hodnoty jsou u varianty 3 - 423,8 mm. Rozdíl mezi variantou 2 a 3 je 44,3 mm. U varianty 1 byly zjištěny průměrné hodnoty 459,2 mm a u varianty 4 (kontrola) 430,1 mm. U varianty 3, kde je množství přípravku 1,5 g, a varianty 4 (bez přípravku) je průměrná výška rostlin statisticky průkazně nižší než u dvou předchozích variant.



Graf 2. Průměrná výška rostlin (Linhartová, 2016).

5.3 Průměr kořenového krčku

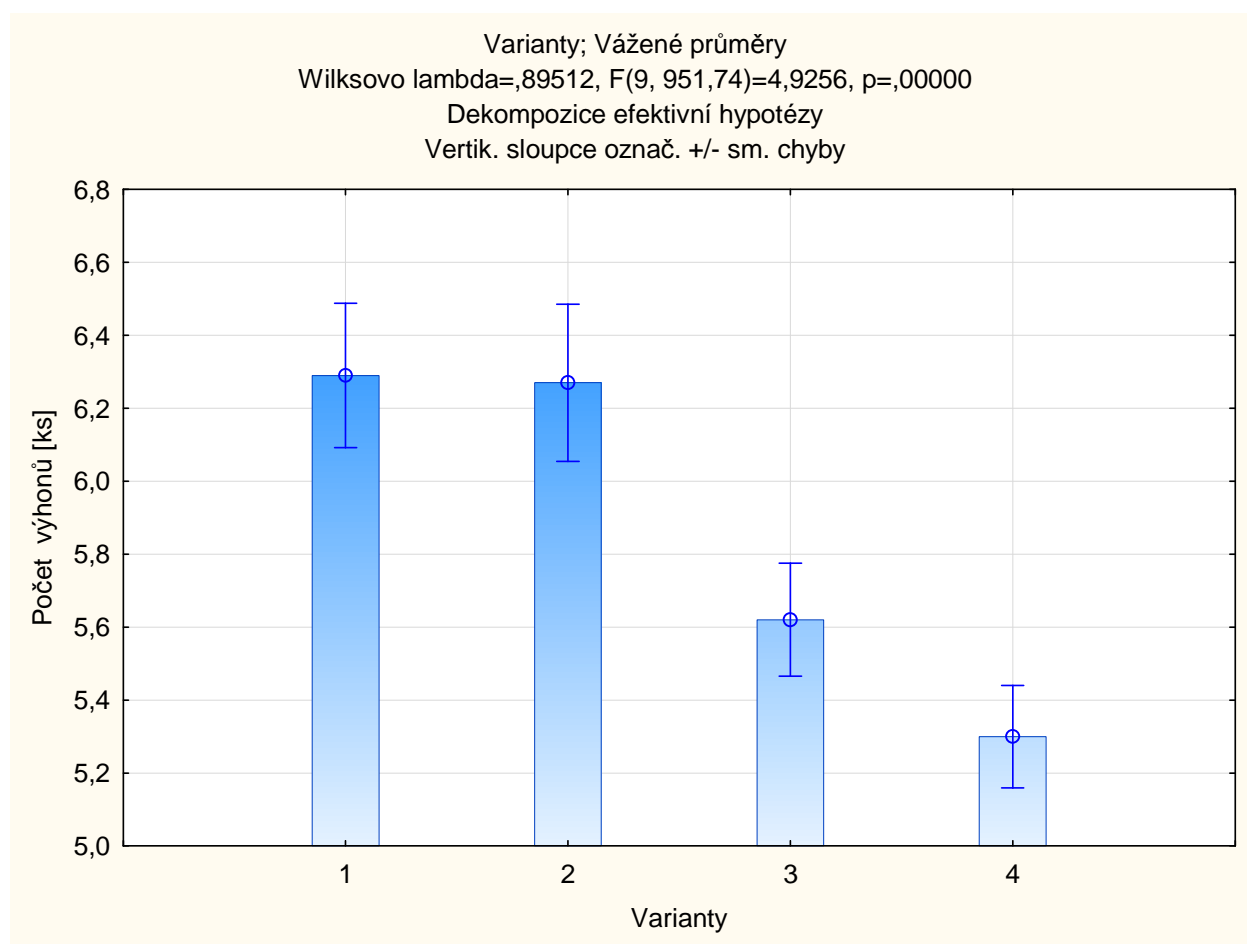
U variant 1 a 2, kde bylo aplikováno 6 g a 3 g Symbivitu, jsou průměry kořenového krčku největší. U varianty 1 je vážený průměr 7,3 mm a u varianty 2 je 7,2 mm. Z toho lze předpokládat pozitivní ovlivnění průměru kořenového krčku přípravkem. U varianty 2 při opakování II. byla zjištěna také nejvyšší naměřená hodnota, která činí 12,83 mm. Vážený průměr z naměřených hodnot průměru kořenového krčku u varianty 3 je nejnižší a to 6,17 mm. Varianta 3 a varianta 4, jsou porovnatelné a statisticky průkazně nižší než u varianty 1 a 2.



Graf 3. Průměr kořenového krčku (Linhartová, 2016).

5.4 Průměrný počet výhonů

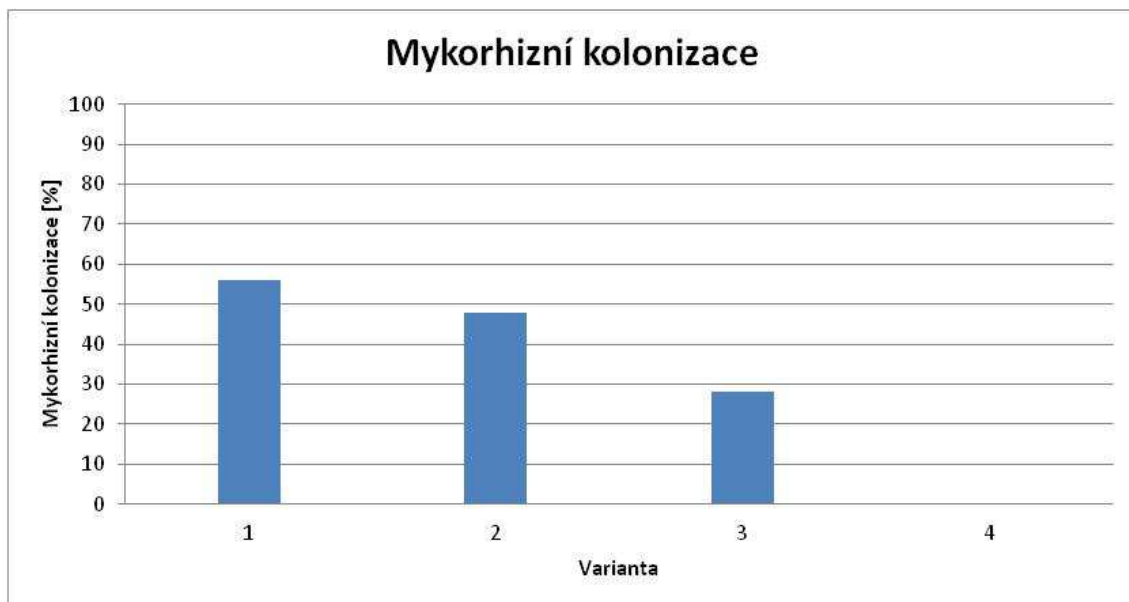
Jak vyplývá z Grafu 4, varianty 1 a 2 byly více rozvětvené. Nejvyšší počet výhonů na rostlině byl 11 a byl naměřen celkem 10 krát, nejnižší počet byly výhony 2. Průměrné hodnoty u varianty 1 a 2 přesáhly průměrnou hodnotu 6 výhonů na rostlinu. Kontrola tedy varianta 4 byla nejméně rozvětvená. U varianty 1 je průměrný počet výhonů 6,28 a u varianty 4 - kontrola 5,3 výhonu. Rozdíl tedy činí 0,98 výhonu, což je rozdíl skoro jednoho výhonu na rostlinu. Varianty 1 a 2 mají statisticky průkazně větší počet výhonů.



Graf 4. Průměrný počet výhonů (Linhartová, 2016).

5.5 Mykorhizní kolonizace

V pokusu byla zjištěna největší míra kolonizace u varianty 1, která činila 56 %. U varianty 2 dosáhla kolonizace hodnoty 48 % a u varianty 3 dosáhla hodnota kolonizace 28 %. U kontroly – varianta 4 nebyla nalezena žádná mykorhizní kolonizace. Tyto hodnoty byly zjištěny vizuální, tzv. preparátovou metodou pod mikroskopem na 50 segmentech dlouhých 1 cm z každé varianty. U varianty 1 bylo pozorováno 28 pozitivních a 22 negativních segmentů. Varianta 2 měla 24 pozitivních a 26 negativních segmentů a u varianty 3 bylo zjištěno 14 pozitivních a 36 negativních 1 cm segmentů.



Graf 5. Mykorhizní kolonizace (Linhartová, 2016).

5.6 Objem kořenů

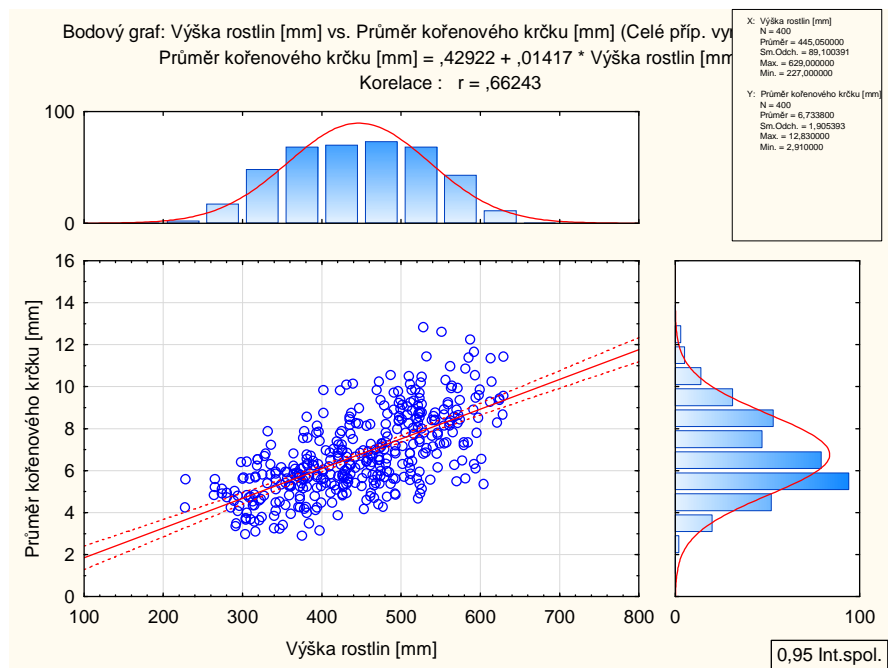
Z grafu 6 vyplývá, že objem kořenů v tomto pokusu nesouvisel s mírou mykorhizní kolonizace. Objemy u varianty 2 a 4 byly větší než u varianty 1 a 3. U varianty 2 byla naměřena průměrná hodnota objemu kořenového balu 445 ml. U varianty 4 byla zjištěna hodnota 434 ml. Varianty 1 měla nejmenší objem kořenového balu a to 298 ml. Objemu kořenového balu byl měřen na náhodném výběru 10 ks z každé varianty.



Graf 6. Porovnání objemů kořenů u pozorovaných variant – průměrné hodnoty (Linhartová, 2015).

5.7 Porovnání výšky rostlin a kořenového krčku

Z grafu vyplývá, že výška rostlin a průměr kořenového krčku spolu souvisí, čím byly rostliny vyšší, tím se zvětšoval průměr kořenového krčku. Nejvyšší naměřená výška rostliny činila 629 mm a nejnižší 227 mm. U kořenového krčku byla zjištěna maximální hodnota 12,83 mm a minimální 2,91 mm. Závislost lze vyjádřit: Průměr kořenového krčku [mm] = $0,43 + 0,014 * \text{Výška rostlin [mm]}$.



Graf 7. Porovnání výšky rostlin a kořenového krčku (Linhartová, 2016).

6 DISKUZE

U založeného pokusu na mykorhizní houby jsou na rostlinách *Spiraea bumalda* 'Anthony Waterer' zhodnoceny parametry jako výška rostlin, průměr kořenového krčku počet výhonů, objem kořenů a množství kolonizace. Tyto parametry jsou porovnávány u rostlin s přípravkem aplikovaným v množstvích 6 g, 3 g, 1,5 g a bez přípravku. Dále se zde posuzuje použití mykorhizních hub ve školkařské produkci. V průběhu experimentu v létě v roce 2015 bylo velmi sucho a teplo. Český hydrometeorologický ústav uvádí průměrnou teplotu vzduchu v červenci 22 °C, což je o 3,9 °C odchylka oproti dlouhodobému průměru, který činí 18,1 °C. V srpnu byly průměrné teploty ještě vyšší a to 22,6 °C, odchylka od normálu byla 5 °C. Srážkově byl rok 2015 podprůměrný, 430 mm úhrn srážek za rok. V červenci spadlo pouze 35 mm, dlouhodobý průměr činí 64 mm (www 16., 2016).

U měřeného parametru výšky rostlin z naměřených hodnot vyplývá pozitivní ovlivnění růstu rostlin při použití přípravku. Při aplikaci 3 g přípravku u varianty 2 byly zjištěny statisticky průkazně vyšší průměrné výšky rostlin oproti kontrole a proti rostlinám s aplikací 1,5 g přípravku. Při porovnání varianty 1 (s aplikací 6 g přípravku) s variantou 2 (s aplikací 3 g přípravku) byly zjištěny statisticky neprůkazně vyšší rostliny ve variantě 2. Naproti tomu u varianty 3, kde se aplikovalo 1,5 g přípravku, jsou rostliny nejnižší. Rozdíl kontroly oproti variantě 3 činí 6,3 mm. Rozdíl mezi variantou 2 a variantou 3 je 44,3 mm.

Také při porovnávání průměru kořenových krčků jsme zaznamenali průkazný rozdíl mezi aplikací přípravku větší než 3 g (varianta 1 a 2) a aplikací nižší než 3 g přípravku (varianta 3 a 4). Největší naměřené průměry kořenových krčků dosáhly hodnoty 7,3 mm u varianty 1, rozdíl oproti kontrolní variantě (varianta 4) činí 1 mm. Varianta 1 (6 g přípravku) dosáhla statisticky neprůkazně vyššího průměru kořenového krčku než varianta 2 (3 g přípravku).

U počtu výhonů je též pozitivní rozdíl ve prospěch rostlin s aplikací mykorhizního přípravku 3 g a více, oproti aplikaci přípravku 1,5 g a bez přípravku. Rozdíl v počtu výhonů mezi variantou 1 a 2 je statisticky neprůkazný, taktéž rozdíl mezi variantou 3 a 4. Varianta 1 a 2 průměrně přesáhla počet 6 výhonů na rostlinu, kontrolní

varianta dosáhla pouze 5,3 výhonů na rostlinu. Opět se tedy potvrdilo pozitivní ovlivnění vitality rostlin při aplikaci přípravku 3 g a více.

Mykorhizní kolonizace dosáhla u varianty 1 s aplikací 6 g přípravku 56 %, u varianty 2 s aplikací přípravku 3 g 48 % a u varianty 3 s aplikací přípravku 1,5 g dosáhla hodnota kolonizace 28 %. U kontrolní varianty nebyla nalezena. Můžeme si všimnout závislosti mezi množstvím použitého přípravku a zjištěnou mykorhizní kolonizací, čím více přípravku bylo aplikováno, tím větší byla zjištěna míra mykorhizní kolonizace.

Hodnocení objemu kořenového balu mohlo být ovlivněno počtem měřených vzorků. Bylo totiž měřeno pouze 10 ks od každé varianty. Dalším limitujícím faktorem pro velikost kořenů mohla být také velikost kontejneru. Nicméně průměrně největší kořenový bal byl zjištěn u varianty 2, a to 445 ml. U varianty 4 byl objem kořenového balu 434 ml. Varianta 1 měla nejmenší objem kořenového balu, a to 298 ml. Tyto naměřené hodnoty nepotvrzují domněnku, že čím více přípravku tím větší kořeny, protože při aplikaci 3 g přípravku byl zjištěn největší kořenový bal, ale při aplikaci 6 g přípravku byl zjištěn nejmenší kořenový bal. Porovnání velikostí nadzemních částí rostlin a kořenů spolu nekoresponduje. Kořenový bal byl zjištěn největší u varianty 3, ale ta byla zároveň nejnižší ze všech, měla nejmenší kořenový krček a méně výhonů než varianty s větším množstvím očkovacího přípravku. Může to být vysvětleno větší mírou mykorhizy u rostlin z varianty 1, která pomáhala kořenovému systému, a ten tedy nenarostl do objemu, který byl zjištěn u variant s menším množstvím přípravku.

Firma Symbiom uvádí lepší růstové vlastnosti rostlin, lepší tvorbu květů, plodů a odolnost proti suchu. V tomto pokusu byla testována závislost mezi množstvím přípravku Symbivit a velikostí rostlin *Spiraea bumalda* Anthony Waterer. Bylo statisticky průkazně potvrzeno, že při aplikaci přípravku 3 g a více jsou rostliny vyšší, mají větší průměr kořenového krčku a vyšší počet výhonů.

Firma nabízí kromě přípravku Symbivit, také Rhodovit pro borůvky, rododendrony, Ectovit obsahující ektomykorhizní houby a další výrobky. Avšak ne všechny mykorhizní houby se hodí ke všem rostlinám. Pokud mluvíme o efektivním využití v zemědělství, musíme mykorhizní symbiózu použít u rostlin, které ji umí využít

a použít k těmto rostlinám účinného houbového partnera. Smith a Read (2008) uvádějí, že ne všechny rostliny se všemi mykorhizními houbami dokáží vytvořit symbiózu.

Použití mykorhizní symbiózy v zemědělství má řadu výhod - lepší výživové vlastnosti pro rostliny, odolnost proti vnějším klimatickým vlivům – sucho, přemokření, zasolenost, také neméně důležité je snížení používání hnojiv a pesticidů a v neposlední řadě stabilizace půdních částic glomalinem u AM, což uvádí Rilling (2004).

Na problematiku použití očkování rostlin mykorhizními houbami (přípravkem Symbivit) je nutno pohlízet také z pohledu ekonomického. Je třeba posoudit, zda výpěstky, průměrně o 38 mm větší, mající průměrně o 1 mm větší průměr kořenového krčku a průměrně o jeden výhon na rostlinu více, jsou ekonomicky zajímavější, a případně o kolik. Zda budou mít konkurenční výhodu na trhu oproti rostlinám bez přípravku, například zda si je zákazník koupí, i když budou dražší. Toto navýšení ekonomické hodnoty by mělo být vyšší, než jsou náklady na očkovací přípravek. Pak lze očkování doporučit.

Dle výzkumů dosahují velmi dobrých výsledků s mykorhizní symbiózou některé druhy zelenin. Například u rajčat jsou zjištěny vyšší výnosy. Al-Karaki (2000) poukazuje u rajčat inokulovaných *Glomus mosseae* na schopnost zvyšovat odolnost vůči stresu, patogenům a zasolením půd, bývá zde rychlejší nástup kvetení. Mykorhizní symbióza zlepšuje jejich příjem živin, tím zlepšuje velikost, ale i kvalitu výnosů.

V tomto pokusu na rostlinách *Spiraea bumalda* 'Anthony Waterer' nejlépe vyšla varianta 2 při aplikaci přípravku 3 g, takže při větší dávce očkování nebyla dosažena vyšší hodnota ve většině sledovaných kritérií, ale výsledky porovnání varianty 1 a 2 (tedy aplikaci 6 g a 3g přípravku) jsou statisticky neprůkazné. Je tedy třeba věnovat pozornost dávkování očkovacího přípravku, a dále testovat, zda při vyšších dávkách přípravku dojde ke zvýšení hodnot sledovaných kritérií.

7 ZÁVĚR

Diplomová práce pojednává o mykorrhizních houbách a jejich využití ve školkařské produkci okrasných dřevin. Nejdříve byly v literární rešerši popsány druhy mykorrhizy a vysvětlen pojem mykorrhizy. V metodice je zpracován pokus a poté se vyhodnotil výsledek.

První varianta, která obsahovala 6 g přípravku, měla největší míru kolonizace a to 56 %, druhá varianta 48 % a třetí varianta 28 %. Z tohoto výsledku pokusu lze usuzovat, že čím více přípravku se aplikovalo, tím větší byla kolonizace. Varianty 1 a 2 při hodnocení sledovaných kritérií - výšky rostlin, průměru kořenového krčku, počtu výhonů a míry kolonizace dosáhly statisticky průkazně vyšších hodnot než varianty s dávkou očkovacího přípravku menší než 1,5 g. V celkovém vyhodnocení byly rozdíly mezi 1 a 2 variantou statisticky neprůkazné. Bylo by zajímavé zjistit vývoj sledovaných kritérií při ještě vyšších dávkách přípravku.

Kvůli lepšímu růstu, kvalitnějším výpěstkům by se mohla mykorrhiza více používat ve školkařství. Nevýhodou ale zůstávají další náklady na očkovací přípravek a tím tedy vyšší náklady na takto vypěstované rostliny, proto je třeba zvážit, jestli se použití mykorrhizního přípravku z ekonomického hlediska vyplatí, zda tyto rostliny budou mít na trhu potřebnou konkurenční výhodu.

V dalších pokusech by bylo zajímavé vyzkoušet ještě vyšší dávky přípravku, případné působení různých stresů na rostliny a ovlivnění těchto rostlin naočkováním AM.

8 SOUHRN A RESUME

Využití mykorhizních hub ve školkařské produkci okrasných dřevin

Tato diplomová práce pojednává o využití mykorhizních hub ve školkařské produkci. V literární části jsou shrnuty současné poznatky týkající se mykorhizy a školkařské produkce okrasných rostlin. Pro experiment jako modelová rostlina byla použita *Spiraea bumalda* 'Anthony Waterer' a pokus byl proveden na ploše kontejnerovny Ústavu šlechtění a množení zahradnických plodin v Lednici. K rostlinám se při výsadbě přidal přípravek Symbivit, a to v množství 6 g, 3 g, 1,5 g a 0 g. U rostlin byly hodnoceny parametry: výška rostlin, průměr kořenového krčku, počet výhonů. Dále se v laboratoři vyhodnotila mykorhizní kolonizace a objemy kořenového balu. Pokus byl popsán a statisticky vyhodnocen.

Z pokusu vyplývá, že čím více přípravku se aplikovalo, tím větší byla kolonizace. Přípravek měl pozitivní vliv na růst rostlin. U variant s dávkou očkovacího přípravku vyšší než 3 g byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl ve sledovaných parametrech oproti kontrole. Neopomenutelné je i ekonomické hledisko – po aplikaci přípravku navýšení ceny výpěstků.

Klíčová slova: Mykorhizní symbióza, *Spiraea bumalda* 'Anthony Waterer', Symbivit, substrát, arbuskulární mykorhiza, okrasné školkařství.

Use of mycorrhizal fungi in nursery production of ornamental plants

This thesis discusses the use of mycorrhizal fungi in nursery production. In the literature review there is summarized current knowledge regarding mycorrhiza and nursery production of ornamental plants. As a model plant for the experiment was used *Spiraea bumalda* 'Anthony Waterer' and the experiment was conducted in the grounds of The Department of Breeding and Propagation in Lednice. There was applied mycorrhizal product Symbivit when planting in batch 6 g, 3 g, 1,5 g and 0 g. The plants were evaluated by parameters as plant height, diameter of root collar, the number of shoots. Then there were evaluated mycorrhizal colonization and volumes of roots balls in the laboratory. The experiment was described and evaluated statistically.

The experiment resulted in the fact, that the more mycorrhizal product Symbivit is applied, the greater was the colonization. The mycorrhizal product had a positive effect on plant growth. The plants treated with product Symbivit in batch greater than 3 g proved a statistically significant difference in the monitored parameters compared to the control. There is also a economic viewpoint – the price of plants increases after the application of mycorrhizal product Simbivit.

Keywords: Mycorrhizal symbiosis, *Spiraea bumalda* 'Anthony Waterer', Symbivit, substrate, arbuscular mycorrhizas, ornamental nursery.

9 POUŽITÁ LITERATURA

AL-KARAKI, G. N. *Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under saltstress. Mycorrhiza*. [online]. 2000. [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007/s005720000055#page-1>.

AZCON-AGUILAR, C., BAREA, J. M., GIANINAZZI S., GIANINAZZI-PEARSON, V. 2009. *Mycorrhizas- Functional Processes and Ecological Impact*. Springer- Verlag Berlin Heidelberg. Germany. 2009. s.239. ISBN: 9783540879770.

BEDRNA, Z. *Substráty na pestovanie rastlin- Základy pestovania*. Príroda. Bratislava. 1989 .s.259. ISBN: 8007000127.

BELTRANO, J., RONCO, M. G. *Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Journal of Plant Physiology* [online]. 2008. [cit. 2016-04-11]. ISSN: 1677 9452. Dostupné z: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04202008000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

BENEDETTO, A., MAGURNO, F., BONFANTE, P., LANFRANCO, L. *Expression profiles of a phosphate transporter gene (*GmosPT*) from the endomycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. Mycorrhiza* [online]. 2008. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00572-005-0006-9#/page-1>.

BRUNDRETT, M. C. *New Phytologist. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants*. [online]. 2002, roč. 154. [cit. 2016-04-24]. ISSN: 1469 8137. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/doi/10.1046/j.1469-8137.2002.00397.x/>.

CHEN, Y. F., WANG, Y., WU, W. H. *Membrane transporters for nitrogen, phosphate and potassium uptake in plants. Wiley Online Library* [online]. 2008.[cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744->

7909.2008.00707.x/abstract;jsessionid=81262F7DB40B83AC7163F116E2F40CFA.f04t03?userIsAuthenticated=false&deniedAccessCustomisedMessage=.

FÜLÖP, J. *Požiadavky na pestovateľské substráty . Zahradníctví* [online]. 2007.[cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://zahradaweb.cz/poziadavky-na-pestovatelske-substraty/>.

GÁPER, J. *Funkcie húb v ekosystémoch a ich význam pre človeka (2.): Symbiotické huby, mykorízne symbiózy a ich význam. Enviromagazín* [online]. 2015 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: http://www.enviromagazin.sk/enviro3_3/huby22.html.

GRYNDLER, M., BALÁŽ, M., HRŠELOVÁ, H., JANSA, J., VOSÁTKA, M. *Mykorhizní symbióza- O soužití hub s kořeny rostlin.* Vyd. 1. Academia. Praha. 2004, s.366. ISBN 8020012400.

HLUŠEK, J., RICHTER, R., RYANT, P.. *Výživa a hnojení zahradních plodin.* Vyd. 1. Praha: 2002, s.81. ISBN:8090241352.

HURYCH, V. *Okrasné dřeviny pro zahrady a parky.* 2. vyd. Květ. Praha. 2003. s. 203. ISBN: 8085362465.

JAVOREKOVÁ, S., KRÁLIKOVÁ, A., LABUDA, R., LABUDOVÁ, S., MAKOVÁ, J. *Biologia pôdy v agroekosystémech.* 1 vyd. Slovenská poľnohospodárska univerzita. Nitra. 2008. s. 349. ISBN: 9878055200071.

KINCL, M., KRPEŠ, V. *Základy fyziologie rostlin.* Montanex. Ostrava. 2000. s. 221. ISBN: 8072250418.

KOLEK, J., KOZINKA, V. *Fyziologia koreňového systému rastlin.* Slovenská akadémia vied. Bratislava. 1988. s.381. ISBN: 07103488.

LEIGH, J., HODGE, A., FITTER H. A. *Arbuscular mycorrhizal fungi can transfer substantial amounts of nitrogen to their host plant from organic material.* *New*

Phytologist. [online]. 2008.[cit. 2015-11-06]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2008.02630.x/full>.

LEMAIRE, F. *Physical, chemical and biological properties of growing medium*. *Actahort*[online]. 1995.[cit. 2015-12-03]. Dostupné z: http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=396_33.

MEJSTRÍK, V. *Mykorhizní symbiózy*. 1. Vyd. Academia. Praha. 1988, s.152. ISBN: 2103088.

NOVERO, M. *Root hair colonization by mycorrhizal fungi*. Springer. Berlin. 2008. s. 345. ISBN: 9783540794042.

PEŠKOVÁ, V. *Houby na kořenech lesních dřevin*. *Lesní ochranná služba* [online]. 2008. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: http://www.silvarium.cz/images/letaky-los/2008/2008_houby.pdf.

POKLUDA, R.: *Moderní složky zahradnických substrátů*. *Zahradnictví* [online]. 2005 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://zahradaweb.cz/moderni-slozky-zahradnickych-substratu/>.

PROCHÁZKA, S.; MACHÁČKOVÁ, I.; KREKULE, J.; ŠEBÁNEK, J. *Fyziologie rostlin*. Vyd. 1. Academia. Praha: 1998. s.484. ISBN 8020005862.

RILLING, M., C. *Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation*. *Microbial ecology program* [online]. 2004 [cit. 2015-11-30]. Dostupné z: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/S04-003?src=recsys>.

RŮŽIČKA, M. *Technika a kvalita zavlažování*. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 1996. s. 50. ISBN: 08623562.

SHARMA, S.,PARKASH, V., AGGARWAL, A. *Glomales I: A monograph of Glomus spp. in the sunflower rhizosphere of Haryana, India*. [online]. 2008, roč. 31, č. 49. [cit.

2016-04-24]. ISSN: 1018 1806. Dostupné z: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/1018-1806/2008/1018-18060849013S.pdf>.

SIDDIQUI, A., AKHTAR, M., FUTAI, K. *Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer. 2008. s. 359. ISBN: 978402087691.

SLOUP, J., SALAŠ P. *Kontejnery ve školkařské produkci. Zahradnictví* [online]. 2007 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://zahradaweb.cz/kontejnery-ve-skolkarske-produkci/>.

SMITH, S. E., READ, D.J. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. London. 2008. s. 787. ISBN: 9780123705266.

ŠEBÁNEK J., GRÉC, L., JAVOR, A., ŠVIHRA, J. *Fyziologie rostlin*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 1983. s. 558. ISBN: 07067830315.

THANGADURAI, D., BUSO, C., HIJRI, M. *Mycorrhizal Biotechnology*. Science Publishers. USA. 2010. s. 216. ISBN: 9781578086917.

TRIVEDI, CHANDRA P. *Organic farming and mycorrhizae in agriculture*. International Publishing House Pvt. Ltd. New Delhi- Mumbai. 2007. s. 290. ISBN:8188237639.

VALTERA J. *Surovinová skladba pěstebních substrátů. Zahradnictví* [online]. 2013. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://zahradaweb.cz/surovinova-skladba-pestebnich-substratu/> .-

VANĚK, V., BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P. *Výživa polních a zahradních plodin*. Vydavatelství Profi Press. Praha. 2007. s. 176. ISBN: 9768086726250.

VARMA, A. *Mycorrhiza*. 1. vyd. Springer. Berlin. 2008. s. 797. ISBN: 9783540788249.

VOSÁTKA, M. *Mykorhizní houby a jejich využití v zahradnictví. Zahradnictví* [online]. 2003. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://zahradaweb.cz/mykorhizni-houby-a-jejich-vyuziti-v-zahradnictvi/>.

WANG, B., QIU, Y. L. *Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. Mycorrhiza*. [online]. 2006. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: http://mycorrhiza.ag.utk.edu/reviews/rev_wang1.pdf.

WEBER, O. B. *Biofertilizers with arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. Mycorrhizal fungi* [online]. 2014. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-45370-4_4.

www 1. - BOTANICKÝ ÚSTAV AV ČR, *Oddělení mykorhizních symbióz. Mykorhiza* [online]. 2015. [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <http://www.ibot.cas.cz/mykosym/mykorhiza.html>.

www 2. – SYMBIOM s.r.o., *Úvod, Produkty*. [online]. 2016. [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <https://www.symbiom.cz/cs/m-2-nase-produkty/>.

www 3. – MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, *Situační a výhledová zpráva okrasné rostliny* [online]. 2013. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/277531/SVZ_Okrasne_rostliny_2013.pdf.

www 4. - WIKIPEDIE, *Symbióza* [online]. 2015. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Symbi%C3%B3za>.

www 5. – MYKORHIZNÍ PŘEDNÁŠKY, *Mykorhizní symbiozy* [online]. 2012. [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: http://www.sci.muni.cz/~mykorhizni/html/index_lectures.htm.

www 6. – WIKIPIDIE, *Lednice* [online]. 2015. [cit. 2015-12-14]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Lednice_%28okres_B%C5%99eclav%29.

www 7. – TAXONWEB, *Spiraea bumalda* ‘Anthony Waterer’ [online]. 2015. [cit. 2015-12-14]. Dostupné z: <http://taxonweb.cz/t/3014>.

www 8. – BIOLOP, *Spiraea* [online]. 1999-2016. [cit. 2016-01-20]. Dostupné z: <http://www.biolib.cz/cz/taxonposition/id39495/>.

www 9. – YARAAGRI, *YaraMila* [online]. 2012. [cit. 2015-12-17]. Dostupné z: <http://www.yaraagri.cz/fertilizer/products/specialities/yaramila/yaramilacomplex.aspx>.

www 10. – AGROPROFI, *Pěstební substrát RKS II* [online]. 2016. [cit. 2016-01-20]. Dostupné z: <http://www.agroprofi.cz/pestebni-substrat-rks-ii>.

www 11. – VIA AQUA, *Čerpací stanice závlahové* [online]. 2008. [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: <http://www.viaaqua.cz/index.php?cln=cerp&ce=10.j>.

www 12.- INOQ, *Produkte* [online]. 2016. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://inoq.de/produkte/>.

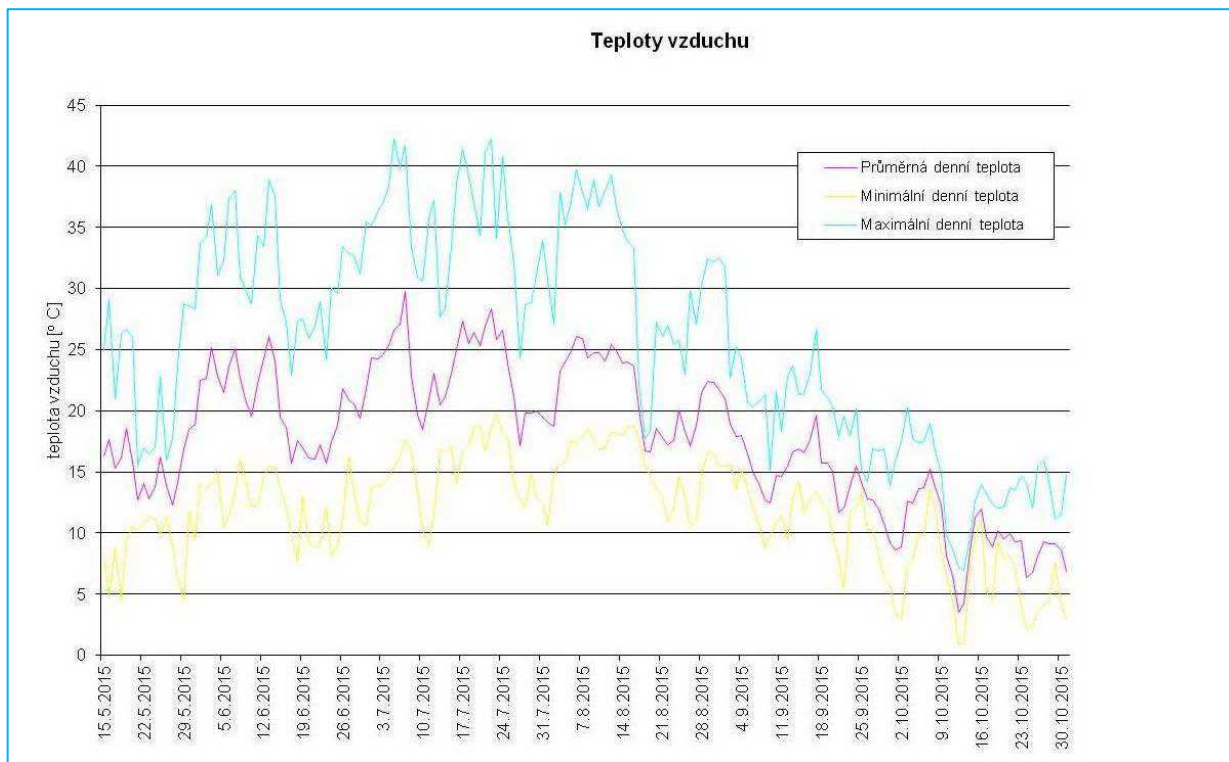
www 13. – ROOTGROW, *Shop* [online]. 2014. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.rootgrow.co.uk/>.

www 14. – GOOGLE, *Typ Paris a Arum* [online]. 2016. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: https://www.google.cz/search?q=typ+arum+a++paris&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjUlvba0rHMAhUpD5oKHWByBQQ_AUIBygB&biw=1366&bih=641#imgrc=_.

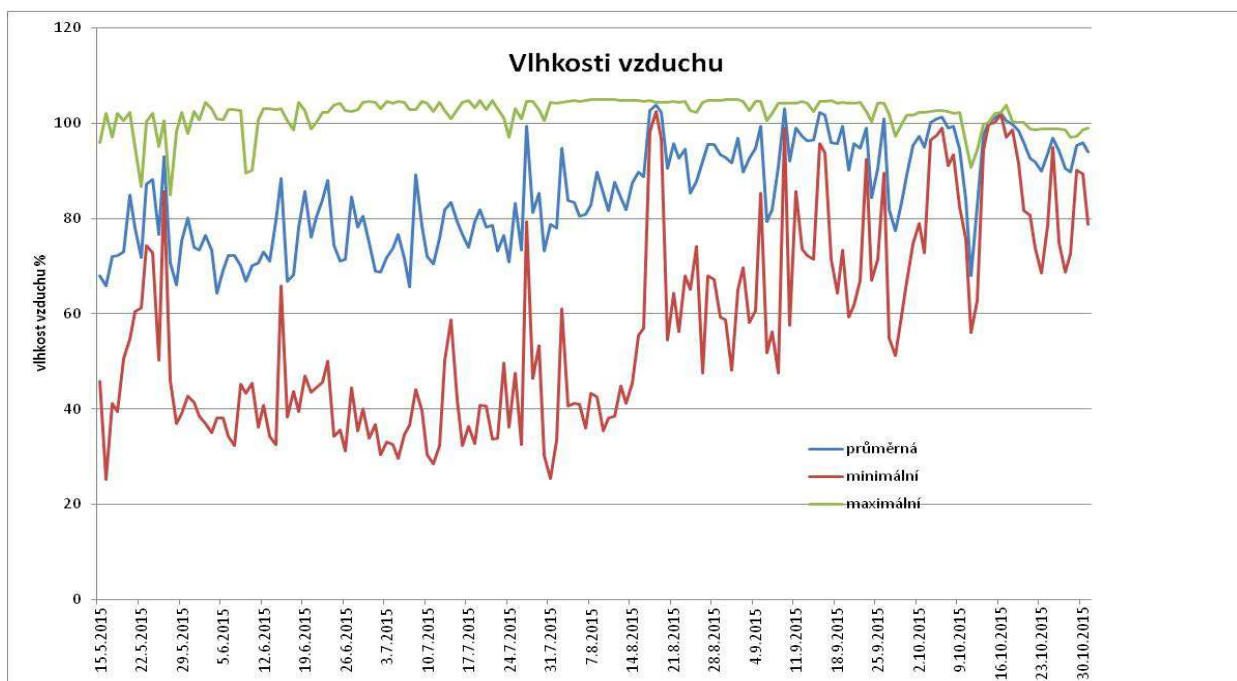
www 15. – ADAMETZ, *O společnosti* [online]. 2016. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://daniel-adametz.cz/cz/o-spolecnosti.php#>.

www 16. – ČESKÝ HYDROMETEROLOGICKÝ ÚSTAV, *Územní teploty a srážky* [online]. 2016. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>.

10 PŘÍLOHY



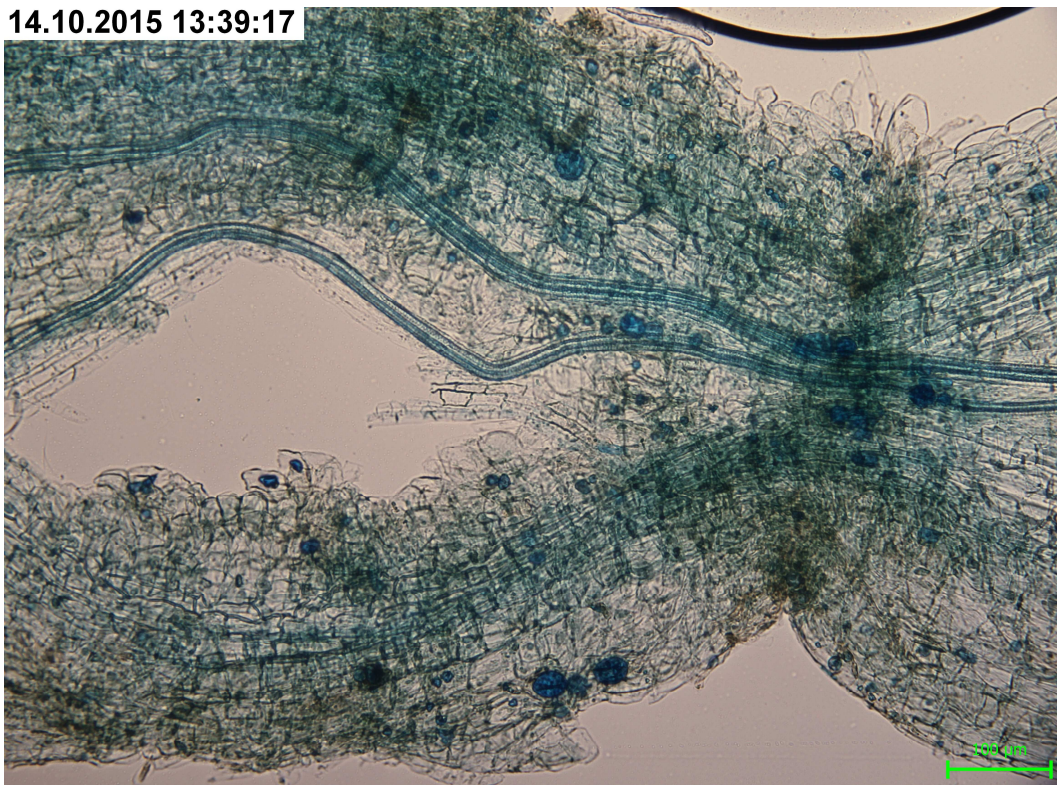
Graf 8. Teplota vzduchu (Linhartová, 2016).



Graf 9. Vlhkost vzduchu (Linhartová, 2016).

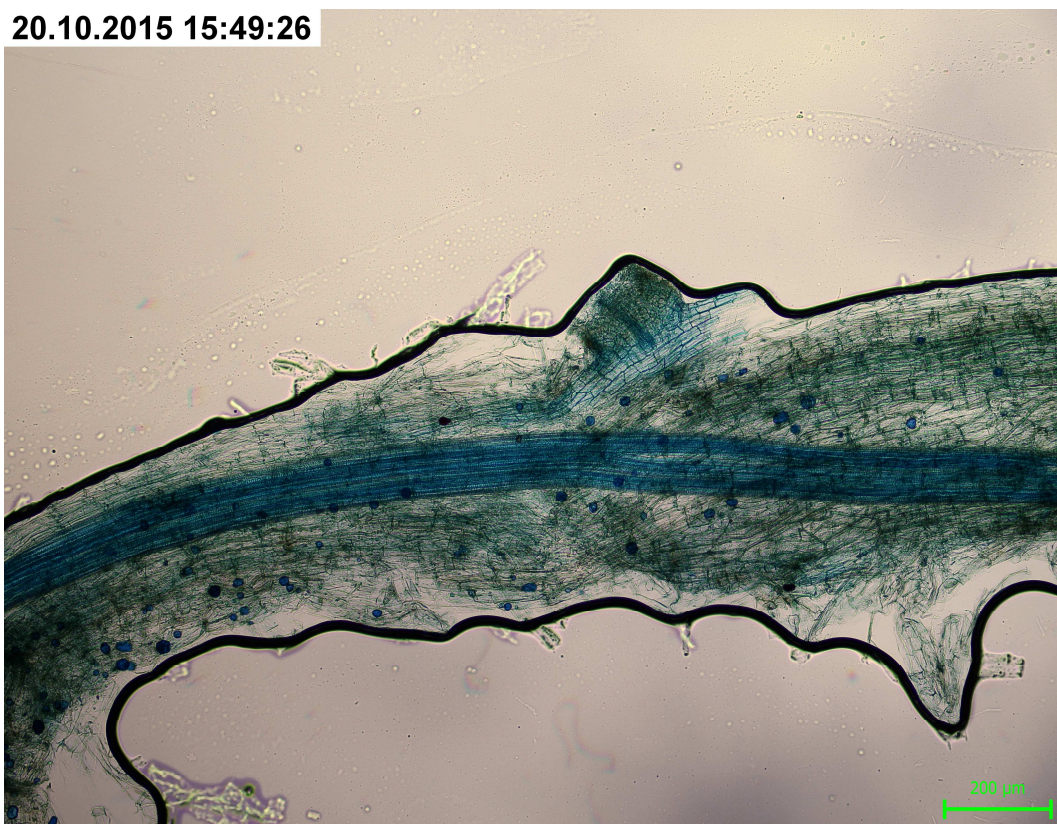
Arbuskulární mykorhiza

14.10.2015 13:39:17

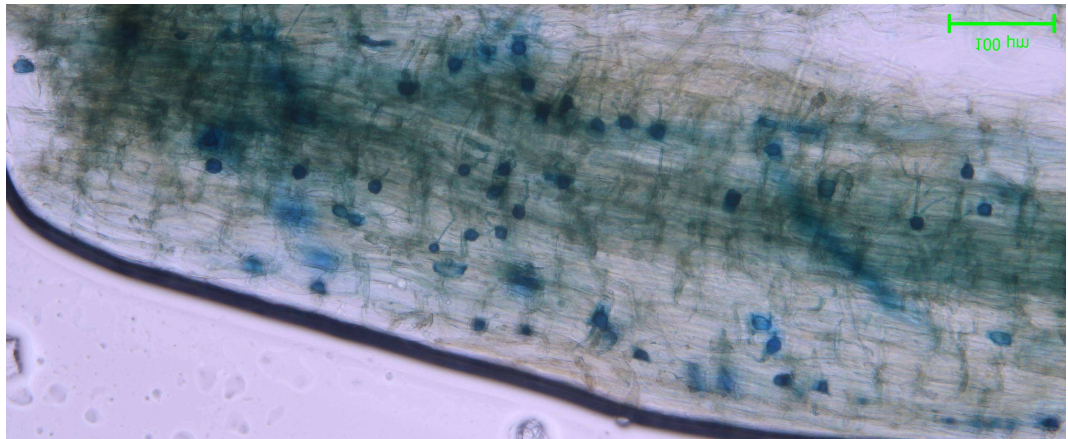


Obrázek 15. Varianta 1 (Linhartová, 2015).

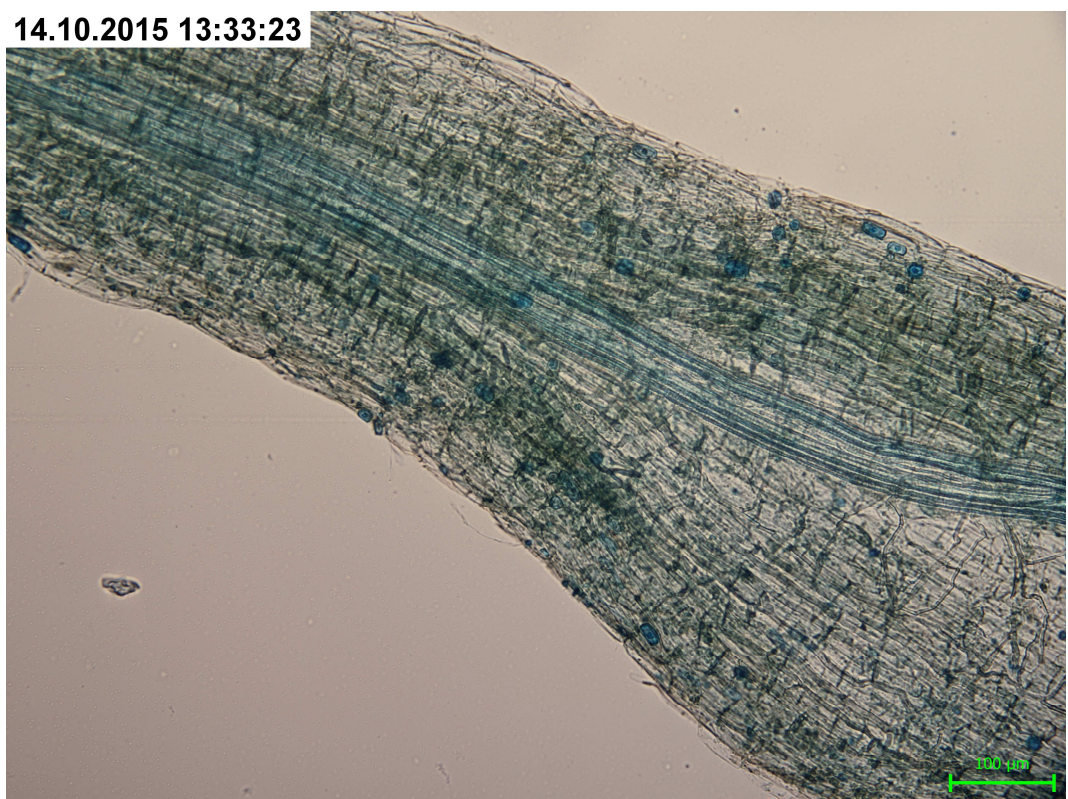
20.10.2015 15:49:26



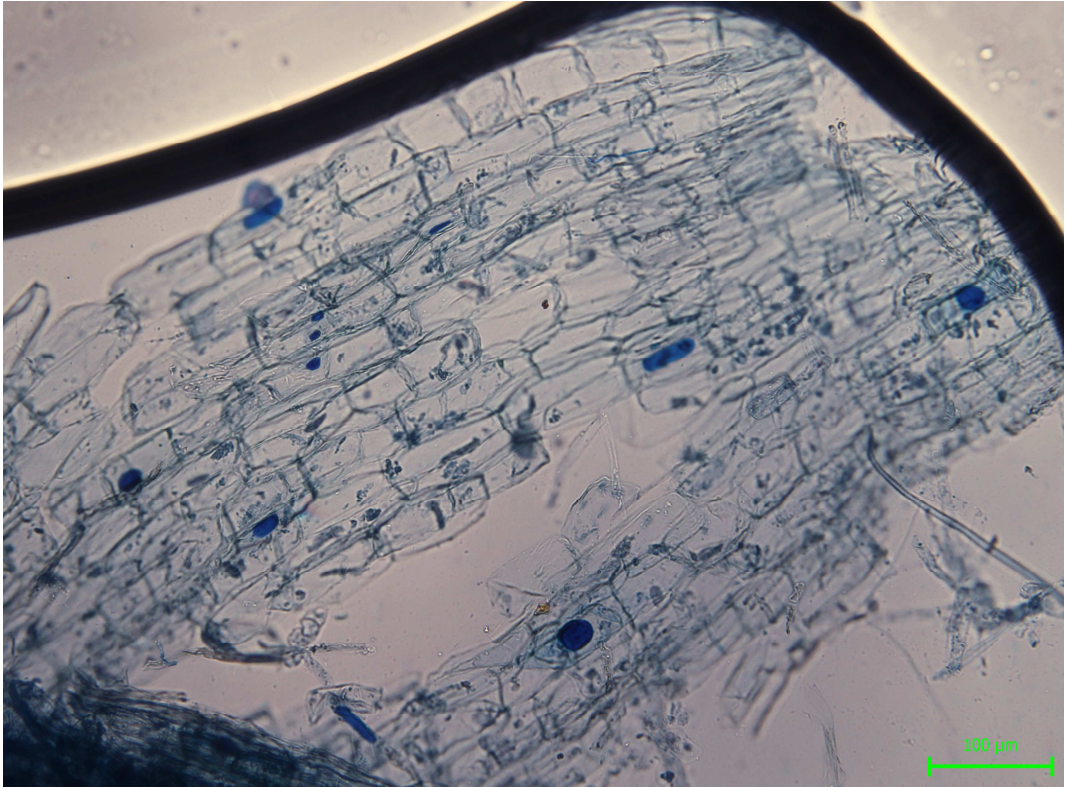
Obrázek 16. Varianta 1 (Linhartová, 2015).



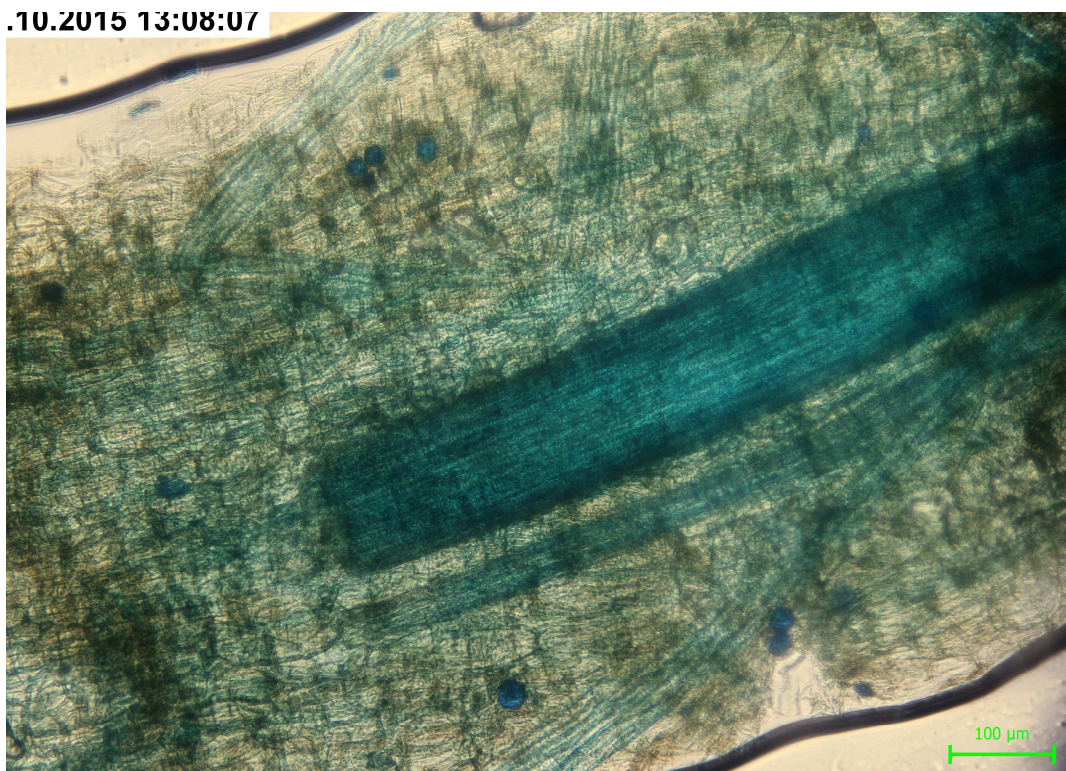
Obrázek 17. Varianta 2 (Linhartová, 2015).



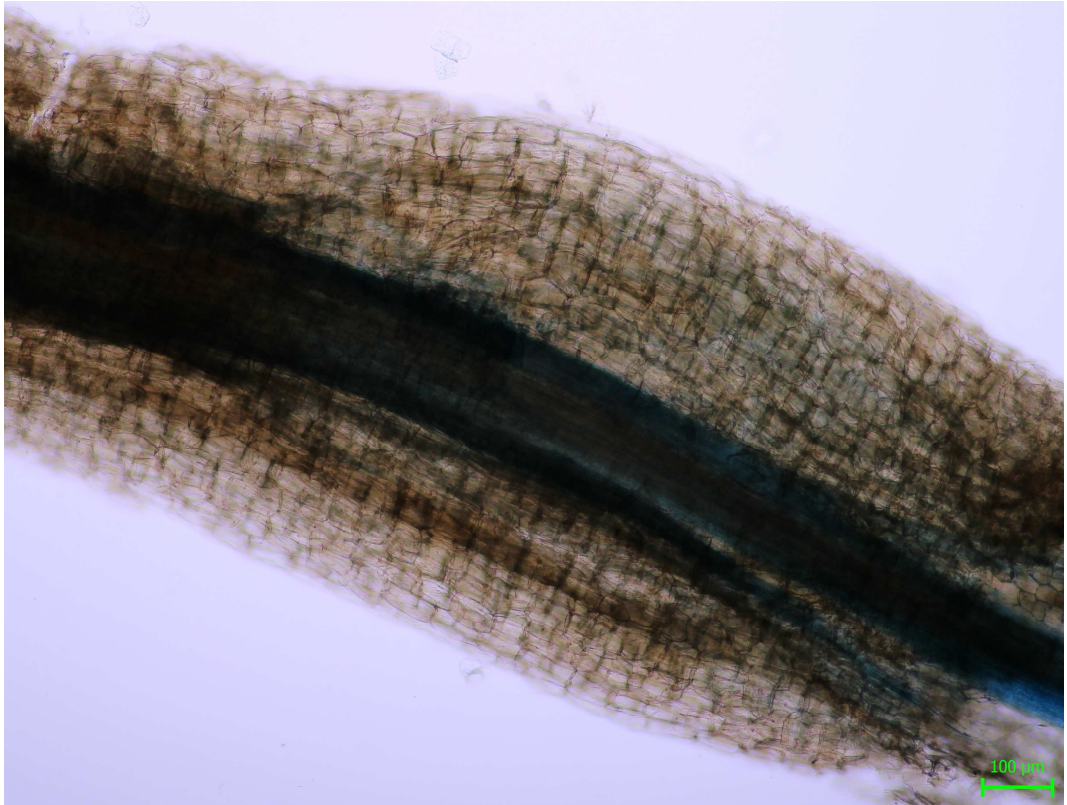
Obrázek 18. Varianta 2 (Linhartová, 2015).



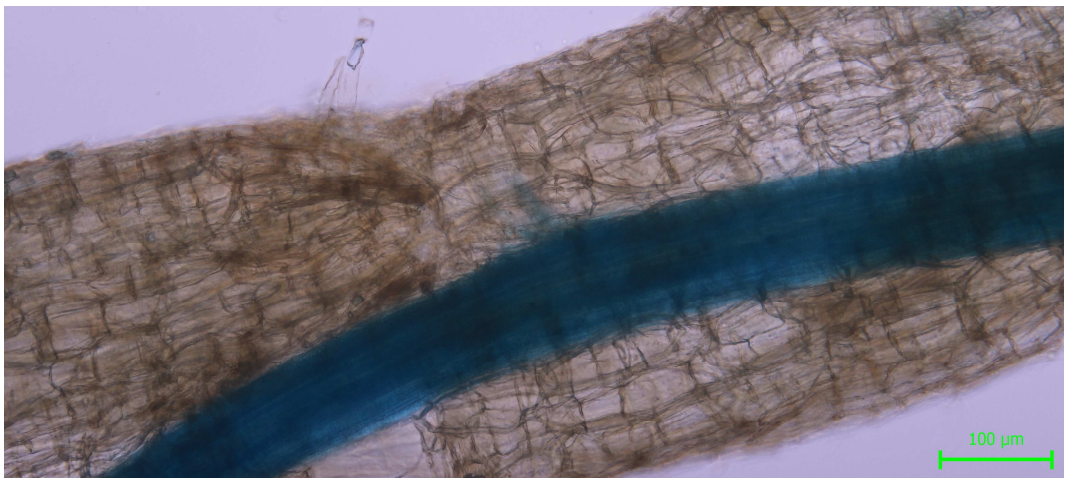
Obrázek 19. Varianta 3 (Linhartová, 2015).



Obrázek 20. Varianta 3 (Linhartová, 2015).



Obrázek 21. Varianta 4 - kontrola (Linhartová, 2015).



Obrázek 22. Varianta 4 - kontrola (Linhartová, 2015).