Mendelova univerzita v Brně
Zahradnická fakulta v Lednici

Vliv mykorhizních hub na morfologické a růstové parametry zeleniny

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Robert Pokluda, Ph.D.

Vypracoval:

Bc. Michal Heinrich

Lednice 2017

Mendelova univerzita v Brně
Ústav zelinářství a květinářství

Zahradnická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce:	Bc. Michal Heinrich
Studijní program:	Zahradnické inženýrství
Obor:	Zahradnictví
Vedoucí práce:	prof. Ing. Robert Pokluda, Ph.D.

Název práce: **Vliv mykorhizních hub na morfologické a růstové parametry zeleniny**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární přehled v oblasti využití symbiotických mikroorganismů, především mykorhizních hub, při zelinářské produkci. Zaměřte se na dostupné produkty v rámci Evropské unie, uveďte přehled pozitivních vlivů na rostliny. Literární přehled se zaměří na aspekty podpory mikrobiální činnosti, např. principy kompostování, způsoby aplikace k rostlinám, funkce, rizika a využití. Další oblastí bude stručná charakteristika mykorhizy, její funkce, přínosy a negativa, možnosti a způsoby inokulace, využití, atd.
2. Experimentální část bude zaměřena na uplatnění mykorhizy a její aplikaci na sadbě modelových zástupců zeleniny. Bude provedena průběžná kontrola kvantitativních a kvalitativních znaků (přírůstky, morfologie, apod.), kontrola úspěšné kolonizace mikroskopicky. Pro podporu vizualizace rozvoje kořenového systému budou použity speciální nádoby s průhlednou čelní stěnou.
   Dále v přírodních (permakulturních – alternativních) podmínkách bude na hospodářsky významných zeleninách vyhodnocena aplikace kompostu, mykorhizních hub, kompostu+mykorhizních hub a vzájemná konfrontace s kontrolní variantou.
3. Výsledky budou vyhodnoceny matematicko-statistickými metodami a zpracovány v tabelární a grafické formě. Výsledky budou dokumentovány také fotograficky.

Rozsah práce:	60 s, 20 tab, grafů
Datum zadání:	listopad 2015
Datum odevzdání:	květen 2017

Bc. Michal Heinrich
Autor práce

prof. Ing. Robert Pokluda, Ph.D.
Vedoucí práce

prof. Ing. Robert Pokluda, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Robert Pokluda, Ph.D.
Děkan ZF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci s názvem: „**Vliv mykorhizních hub na morfologické a růstové parametry zeleniny“**
vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny 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 vědom, 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 o tom, 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 1.3.2017 .....

Poděkování

Mé poděkování patří prof. Ing. Robertu Pokludovi, Ph.D za odborné vedení, cenné rady a vstřícný lidský přístup, kterým mne provázel při zpracovávání diplomové práce.

Stejně tak děkuji Ing. Miloši Juricovi, Ph.D a Ing. Lucii Kučové, Ph.D za praktické rady a technologické zabezpečení v průběhu experimentální části práce.

Dále bych rád poděkoval své nejbližší rodině, jenž trpělivě snášela všechna příkoří spojená s mým studiem.

OBSAH

1. ÚVOD ..... - 7 -
2. CÍL PRÁCE ..... - 8 -
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE ..... - 9 -
3.1. MYKORHIZNÍ SYMBIÓZA ..... - 9 -
3.1.1. Typy mykorhizní symbiózy ..... - 10 -
3.1.2. Životní cyklus mykorhizních hub ..... - 15 -
3.1.3. Přínosy arbuskulární mykorhizní symbiózy ..... - 16 -
3.2. VYUŽITÍ MYKORHIZNÍ SYMBIÓZY V PRAXI ..... - 18 -
3.3. KOMERČNÍ PRODUKTY MYKORHIZNÍCH HUB ..... - 19 -
3.4. VZÁJEMNÉ PŮSOBENÍ MYKORHIZNÍCH HUB A BAKTERIÍ ..... - 21 -
3.4.1. Kompostování ..... - 22 -
3.4.2. Založení kompostu ..... - 23 -
3.4.3. Fáze procesu kompostování ..... - 24 -
3.4.4. Využití kompostu a jeho aplikace ..... - 26 -
4. MATERIÁLY A METODIKA ..... - 27 -
4.1. POPIS PROSTŘEDÍ ..... - 27 -
4.2. POKUSY – UMĚLE VYTVOŘENÉ PODMÍNKY (INTERIÉR) ..... - 27 -
4.2.1. Aplikace mykorhizních hub na sadbě – typová ..... - 27 -
4.2.1.1. Rostlinný materiál ..... - 27 -
4.2.1.2. Technické zabezpečení a přípravky ..... - 28 -
4.2.1.3. Pěstební technologie a časový harmonogram ..... - 28 -
4.2.1.4. Hodnocení pokusu ..... - 29 -
4.2.2. Aplikace mykorhizních hub na sadbě – atypická ..... - 30 -
4.2.2.1. Rostlinný materiál ..... - 30 -
4.2.2.2. Technické zabezpečení a přípravky ..... - 31 -
4.2.2.3. Pěstební technologie a časový harmonogram ..... - 31 -
4.2.2.4. Hodnocení pokusu ..... - 32 -
4.2.3. Vizualizace kořenového systému ..... - 32 -
4.2.3.1. Rostlinný materiál ..... - 32 -
4.2.3.2. Technické zabezpečení a přípravky ..... - 33 -
4.2.3.3. Pěstební technologie a časový harmonogram ..... - 33 -
4.2.3.4. Hodnocení pokusu ..... - 34 -
4.3. POKUSY – PŘÍRODNÍ PODMÍNKY (EXTERIÉR) ..... - 34 -
4.3.1. Kompostování ..... - 34 -
4.3.1.1. Materiály ..... - 34 -
4.3.1.2. Technické zabezpečení ..... - 34 -
4.3.1.3. Technologie a časový harmonogram ..... - 35 -
4.3.1.4. Hodnocení pokusu ..... - 36 -

4.3.2. Aplikace mykorhizních hub při výsadbě (do slámy) ..... - 36 -
4.3.2.1. Rostlinný materiál ..... - 36 -
4.3.2.2. Technické zabezpečení a přípravky ..... - 36 -
4.3.2.3. Pěstební technologie a časový harmonogram ..... - 37 -
4.3.2.4. Hodnocení pokusu ..... - 38 -
5. VÝSLEDKY ..... - 39 -
5.1. VLIV MYKORHIZNÍ SYMBIÓZY NA SADBU ..... - 39 -
5.1.1. Sadba Papriky roční (*Capsicum annuum*) - odr. Artist ..... - 39 -
5.1.2. Sadba Rajčete jedlého (*Lycopersicon lycopersicum*) - odr. Spencer ..... - 44 -
5.1.3. Sadba Papriky roční (*Capsicum annuum*) - odr. Ornela ..... - 47 -
5.1.4. Vizualizace kořenového systému ..... - 48 -
5.2. PROCES KOMPOSTOVÁNÍ ..... - 49 -
5.3. APLIKACE MYKORHIZNÍCH HUB PŘI VÝSADBĚ ..... - 50 -
6. DISKUZE ..... - 53 -
7. ZÁVĚR ..... - 55 -
8. SOUHRN A RESUME ..... - 56 -
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY ..... - 57 -

1. ÚVOD

Ocitáme se v době, která může opět předznamenávat nadcházející období potravinové krize, respektive signalizuje, že se již v určitém časovém pásmu této krize nacházíme. Nedostatek, nebo nepřiměřený cenový růst potravin je způsobován několika vzájemně působícími činiteli.

Klimatické změny, vrtkavé rozmary počasí společně s neúměrným globálním populačním růstem a způsobem využívání zemědělské půdy podporují otázku, zda-li již naše civilizace nenarazila na limity produktivity.

S odkazem na tyto skutečnosti je tedy nezbytné hledat nové cesty a nové směry ve způsobu hospodaření. Dosavadní konvenční systém pěstování zemědělských plodin je zaměřen především na množství produkce, ale už méně, respektive téměř vůbec nezohledňuje dlouhodobou neudržitelnost tohoto způsobu využití půdy.

Systém, který je primárně založen na dodávce průmyslových hnojiv do půdních horizontů a způsobuje tak nejen degradaci půdních struktur, ale i negativně ovlivňuje biologickou aktivitu půdy je třeba postupně nahrazovat systémy šetrnějšími a z dlouhodobého hlediska udržitelnými. Konečným výsledkem snažení by tedy měla být vyvážená produkce kvalitních a zdraví prospěšných potravin jdoucí ruku v ruce se zušlechťováním a z dlouhodobého hlediska kvalitativně vzrůstajícím standardem pěstitelských ploch.

Jedním ze způsobů, jak tohoto cíle dosáhnout je systematické dodávání biologických přípravků do produkčních půd. V dobách minulých, kdy nebyly ještě rozvinuty moderní technologie dnes dostupné, byly přípravky pro podporu růstu založeny největší měrou na bakteriální bázi. Víme však, že nejen mikrobiální činnost, ale i mikroskopické organizmy z rostlinné říše mají nezastupitelnou úlohu v symbióze s rostlinami.

Tato zjištění pomohla k tomu, aby se vyvinul nový směr snažení k vytvoření bioaditiv z říše hub. A právě tato bioaditiva, respektive jejich vliv na růst zemědělských plodin jsou předmětem zkoumání této práce.

2. CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je shromáždit a následně reprodukovat informace o možném využití mykorhizních hub, okrajově symbiotických mikroorganizmů v zelinářské produkci.

Práce byla dále zaměřena na praktické využití a studium pozitivních vlivů při aplikaci těchto hub k sadbě i při výsevu zvolených zástupců zeleniny. Cílem bylo studium těchto vlivů jak v interiérových („laboratorních“) podmínkách, tak rovněž přímo v zahradnické praxi.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1. MYKORHIZNÍ SYMBIÓZA

Zvykli jsme si přikládat větší důležitost věcem a situacím, které jsou ihned viditelné našim okem a zároveň mnohá důležitá a zajímavá místa, která za normálních okolností nemůžeme spatřit se nepyšní naším velkým zájmem. V mnoha případech jsou však právě tato „neviditelná“ místa velmi důležitým vodítkem pro pochopení vzájemného působení všech živých organismů na naší planetě. Jedním z takových příkladů je vzájemné působení rostlin a půdních organismů. Specifickou částí tohoto působení je pak soužití kořenů rostlin s některými půdními houbami – tzv. mykorhizní symbióza.

Mykorhizní vztahy mezi rostlinami a houbami nejsou v přírodě nic ojedinělého, naopak vzájemný vztah je tak těsný, že by pravděpodobně většina mykorhizních hub bez svých hostitelů vyhynula.

Mykorhizní symbióza je obvykle typem mutualistické symbiózy, což znamená, že oba organismy (rostlina i houba) mají ze vzájemné spolupráce určité výhody. Houba pomáhá rostlině absorbovat anorganický fosfor a dusík z půdy, na druhou stranu jsou rostliny schopny houbám dodávat organické látky (Baum et al. 2015; Varma a Kharkwal 2009; Bartha 1984; Mosse et al. 1973).

Můžeme najít pouze velmi malé procento druhů rostlin, které nejsou schopny tvořit žádnou z typů mykorhizních symbióz. Mezi tyto druhy patří rostliny čeledí *Brassicaceae, Chenopodiaceae*, *Proteaceae* a *Cyperaceae*. Některé studie rovněž prokázaly negativní vliv kořenových exudátů, které tyto rostliny uvolňují do půdy, na růst a tvorbu hyf arbuskulárních mykorhizních hub (AMH). Exudáty těchto rostlin mohou zpomalit tvorbu mykorhiz i u následně pěstovaných hostitelských rostlin (Baum et al. 2015; Bartha 1984).

3.1.1. Typy mykorhizní symbiózy

Mykorhizní symbiózy můžeme rozdělit do několika typů, nicméně základní rozdělení je do typů dvou (endomykorhizní a ektomykorhizní) a jednoho označovaného, jako typ přechodný (ektendomykorhizní).

Endomykorhizní typy se vyznačují pronikáním mykorhizní houby do vnitřního prostoru buněk hostitelova kořene. Patří mezi ně ***arbuskulární mykorhizní symbióza, erikoidní mykorhizní symbióza a orchideoidní mykorhizní symbióza***. Další typ, ***ektomykorhizní symbióza*** je naopak charakteristický tím, že se mykorhizní houba nachází pouze v prostorech mezi buňkami, v prostorech mezibuněčných (intercelulárních) (Gryndler et al. 2004).

- ***Arbuskulární mykorhizní symbióza***

S největší pravděpodobností je tento typ nejvíce univerzální (nejméně specializovaný), nejvíce rozšířený a vývojově nejstarší. Z dosavadních výsledků průzkumu se předpokládá, že se vyskytuje u přibližně 95% druhů cévnatých rostlin, které žijí na planetě Zemi. Což předpokládá výskyt u 11 000 rodů, které čítají 225 000 druhů (Trappe 1987).

Její význam spočívá také v tom, že se vyskytuje u velké většiny kulturních rostlin, což poukazuje na to, že arbuskulární mykorhizní houby se prakticky vyskytují ve všech půdách, které jsou hospodářsky obdělávány.

Houby, které se zúčastňují arbuskulární mykorhizy jsou velmi starobylé a z některých hledisek velmi odlišné od ostatních hub. Jedná se o houby z řádu *Glomales.* Proto, aby mohla houba a rostlina vytvořit vzájemnou symbiózu je nutné, aby se společně propojily a vytvořily tak „společný-jednotný orgán“. Houba, která proniká do primární kořenové kůry své hostitelské rostliny musí vytvořit charakteristické struktury a to kořenové mycelium, arbuskuly a vezikuly.

Arbuskula – je orgán, který vzniká mnohočetným vidličnatým větvením hyfy symbiotické houby uvnitř buňky kořenové kůry hostitele (*Obrázek č.1*). Je důležité, že při tomto průniku nedojde k perforaci cytoplazmatické membrány hostitelské buňky. Cytoplazma hostitele tak zůstává oddělena od okolního prostředí a cytoplazmatická membrána rostlinné buňky se před větvící se a rostoucí hyfou dále vchlipuje (Gryndler et al. 2004).

Vezikula – nebo-li měchýřek je útvar kulovitého i nepravidelného tvaru, který vznikne rozšířením hyf kořenového mycelia, od kterého nejsou nikterak odděleny. Přesná jejich funkce není doposud plně objasněna, ale předpokládá se, že plní funkci zásobního orgánu.

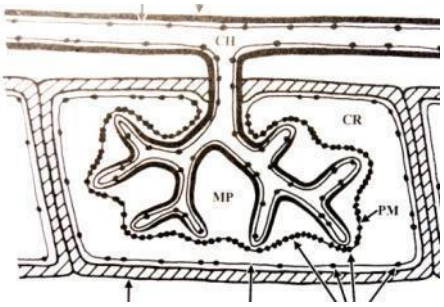
Tento druh mykorhizní symbiózy má dva morfologické typy, které se od sebe vzájemně liší podle způsobu, jakým se příslušná houba šíří v kořenové kůře:

- Typ Arum

  Je charakterizován rychlým šířením houby v apoplastickém prostoru primární kořenové kůry hostitele. Vezikuly, pokud se tvoří, jsou vnitrobuněčné nebo mezibuněčné, arbuskuly se tvoří v hlubších vrstvách buňek terminálně na vnitrobuněčných větvích mezibuněčných hyf (Gryndler et al. 2004).

- Typ Paris

  Naopak zcela postrádá mezibuněčné hyfy a symbiotická houba se korovým pletivem šíří symplasticky, z buňky do buňky, a tvoří mnoho vnitrobuněčných hyfových závitků s četnými arbuskulami (Smith a Smith 1997)



Obrázek č.1 - Arbuskula
(zdroj: www.epzna.blogspot.com)

- ***Erikoidní mykorhizní symbióza***

Mykorhiza tohoto typu je charakteristická pro převážnou většinu rostlin z řádu vřesovcotvarých (*Ericales*). Vychází to z místa jejich výskytu, což jsou nejčastěji kyselé biotopy, které jsou všeobecně chudé na minerální živiny, jako dusík a fosfor (rašeliniště, vřesoviště). Její výskyt je zapříčiněn tím, že erikoidní rostliny mají pouze velmi jemné kořeny, které nedisponují na svém povrchu klasickým

kořenovým vlášením. Zpravidla mají pod rhizodermis jedinou vrstvu buněk a ty jsou pak napojeny na síť hyf příslušné mykorhizní houby.

Podle toho, zda-li se příslušné rostliny nachází na severní, či jižní polokouli jsou pak i charakteristické houby, které se mykorhizy zúčastňují. Pro severní polokouli je nejvíce charakteristická čeleď *Ericaceae* na jižní pak čeleď *Epacridaceae* (Whittaker a Cairney 2001).

Protože je erikoidní mykorhiza dalším typem endomykorhizní symbiózy je pro ní typické, že symbiotická houba nejprve proniká do rhizodermis a pak dále do buňek kůry kořene tak, že jsou vnitrobuněčné hyfy stále obklopeny vchlípenou a neporušenou cytoplazmatickou membránou hostitele. Uvnitř těchto buněk pak tvoří typické útvary nazývané smotky, což jsou prostorové závitky a smyčky hyf. S postupující kolonizací je pak povrch kořene pokrýván bohatou, ale nekompaktní sítí hyf, která mnohdy kořen úplně obaluje a propojuje jej tak s okolním půdním prostředím. Právě tento konečný stav způsobí, že mycelium na povrchu kořene nahradí funkci chybějícího kořenového vlášení.

- ***Orchideoidní mykorhizní symbióza***

Jak již název napovídá, tento typ mykorhizní symbiózy je charakteristický pro atraktivní, rozsáhlou a ekonomicky velmi významnou čeleď vstavačovitých (*Orchidaceae*). Stejně jako dvě předešlé je i tato endotrofním typem a stejně jako jsou celosvětově rozšířené orchideje je rozšířená i tato mykorhizní symbióza.

S ohledem na nízký obsah zásobních látek v semenech u orchidejí jde o symbiózu, která má pro životní cyklus hostitelských rostlin zásadní význam, neboť ty jsou na ní zcela adaptovány a nedokáží bez ní v reálných podmínkách přírodních lokalit úspěšně vyklíčit. Značnou roli hraje i v dalším růstu semenáčů a pravděpodobně i dospělých orchidejí (Warcup 1973, Stewart Zettler 2002, Sharma et al.2003).

Charakteristický znak orchideoidních mykorhizních hub, totiž jejich schopnost saprofilního růstu, je určen výraznými hydrolytickými enzymovými aktivitami těchto hub – zejména aktivitou celulolytickou, pektinolytickou nebo fenoloxidázovou (Hadley a Perombelon 1963, Marchisio et al.1985). Mezi

takovou skupinu, která obsahuje nejvíce druhů hub schopné vytvářet orchideoidní mykorhizu patří anamorfní rod *Rhizoctonia*.

Tato symbióza má dvě základní formy kolonizace kořenů. Zatím co ptyofágní forma se vyskytuje jen velmi zřídka a to pouze u několika známých nezelených tropických orchidejí, druhá tzv. tolypofágní je značně rozšířená. Dospělé rostliny, respektive jejich kořeny jsou u tohoto typu kolonizovány přes rhizodermis společně s kořenovými vlásky. Vlastní prorůstání hyfy je symplastickou cestou – tedy prorůstáním z jedné buňky do druhé, přičemž v místě průchodu buněčnou stěnou je hyfa znatelně zaškrcena. Blíže ke střednímu válci se pak nacházejí buňky tzv. hostitelské, které jsou charakteristické obsahem trojrozměrných struktur tvořených klubíčkovitě stočenými hyfami (smotky).

- ***Ektomykorhyzní symbióza***

Tento typ symbiózy můžeme označit za „populární“ i přesto, že si většina lidí neuvědomuje, že je to právě ona, jejíž produkty – plodnice vyhledávají v určitých biotopech jako součást svého jídelníčku.

V ektomykorhizní symbióze žije přibližně 2000 rostlinných druhů, většinou se jedná o stromy a keře, které se nachází v lesích mírného pásu, stejně jako severských ekosystémech. Typicky se na ploše lesa (i monokulturního) o velikosti 0,1 hektaru nachází asi 13-35 druhů ektomykorhizních hub (Bruns 1995). Jiné údaje hovoří o 66 druzích (roční průměrná hodnota) ektomykorhizních hub s nadzemními plodnicemi na ploše 0,15 hektaru (Sraastma et al.2001).

Kombinace půdy s vhodnými podmínkami a vhodného hostitele zapříčiní, že mycelium ektomykorhizních hub začne růst a kolonizovat značný půdní objem. Postupně se tak vytvoří prostorový útvar nazývaný **půdní myceliální kolonie.** Podle Ogawy (Read 1992) může zaujímat tři druhy tvarů:

a) pravidelně kruhovitá

Tzv. tvar čarodějného kruhu, kdy se mycelium houby vyskytuje při okraji kruhu a hostitelský strom se nachází uprostřed. Tento typ je charakteristický například pro rody *Ramaria* (kuřátka), *Cantharellus* (liška), nebo *Tricholoma* (čirůvka).

b) *nepravidelná souvislá*

Hostitelský strom se v tomto případě může nacházet, jak ve středu mycelia, nebo jeho blízkosti, tak několik metrů od něj. Tohle uspořádání je typické například pro *Suillus* (klouzek), nebo *Rozites* (sluka).

c) *rozdělená-disperzní*

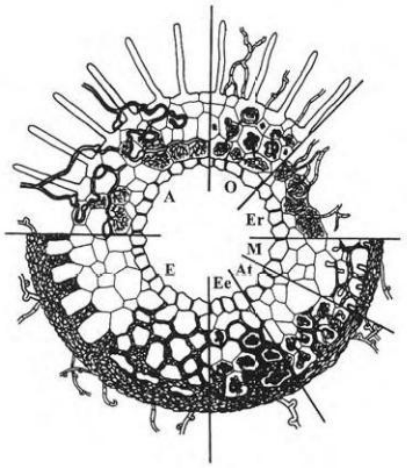
Je nejtypičtějším prostorovým uspořádáním, které je charakteristické mnohými částmi, jenž jsou vzájemně provázány myceliálními provazci. Nejznámějšími zástupci jsou rody *Boletus* (hřib), *Ammanita* (muchomůrka), nebo *Russula* (holubinka).

Hlavní charakteristikou ektomykorhizy je těsné prorůstání mezibuněčných prostor kůry kořene hyfami příslušných druhů mykorhizních hub. Tyto hyfy jsou pak označovány názvem Hartigova síť. Tato síť vzniká mezi buňkami rhizodermis a buňkami vnějších vrstev kořenové kůry.

- ***Ektendomykorhizní symbióza***

U tohoto typu mykorhizy neustále vyvstává otázka její oprávněnosti. Důvodem je, že hranice mezi ektendomykorhizou a ektomykorhizou není vůbec jednoznačná a ostrá. S největší pravděpodobností se předpokládá, že tento druh mykorhizní symbiózy je pouze zvláštním případem, nebo anomálií u ektomykorhizní symbiózy.

I přesto je však několik typických případů jejího výskytu a to např. u několika druhů *Pinus* (borovice), nebo Larix (modřín).



A – arbuskulární mykorhiza
E – ektomykorhiza
Ee – ektendomykorhiza
O – orchideoidní mykorhiza
Er – erikoidní mykorhiza
At – arbutoidní mykorhiza
M – monotripoidní mykorhiza

Obrázek č.2 **-** *Typy mykorhiz - příčný řez*
(zdroj: www.ibot.cas.cz*)*

3.1.2. Životní cyklus mykorhizních hub

Protože u různých typů mykorhizní symbiózy může životní cyklus hub vykazovat určité rozdíly, byl s ohledem na cíl této práce podrobněji popsán životní cyklus arbuskulárních mykorhizních hub.

Životním cyklem se rozumí posloupný sled událostí, při nichž vzniká nový organizmus, dále roste a vyvíjí se a následně vytvoří rozmnožovací struktury, které zabezpečí neustálou existenci druhu.

Pro zjednodušení budeme vycházet z předpokladu, že růst houby a tedy i její životní cyklus je započat klíčením spory. Pro arbuskulární houby je typické, že jejich spory vyžadují určité klidové období, chladovou dormanci, kdy zpravidla po dobu dvou měsíců musí být uchovány při teplotách 2-5°C. V průběhu tohoto období dochází uvnitř spor k rapidním změnám, které jsou nezbytné pro následné vyklíčení spory. Jedná se mobilizaci zásob energie, která je ve spoře uložena ve formě tukových krůpějí, dále k rozrušení její buněčné stěny a k růstu klíčního vlákna. Neustálým růstem tohoto vlákna pak vznikne mycelium, které je schopné potom kolonizovat kořeny hostitelské rostliny.

Ve chvíli, kdy dojde k přímému kontaktu mycelia a kořene hostitele, vytvoří se nejdříve útvar zvaný terček (apresorium). Tento útvar je viditelný jako dobře definovatelná struktura, která je pevně přilnuta k povrchu kořene a ze které pak vyrůstá jedna, nebo i několik hyf (houbová infekční vlákna), která následně pronikají přes rhizodermis (kořenovou pokožku) do primární kořenové kůry. Okrajově je vhodné zmínit, že existuje podstatný funkční rozdíl mezi způsobem kolonizace nesymbiotickým myceliem (vyrůstajícím ze spor) a symbiotickým, které se již nachází v půdě.

Kolonizační proces, při němž arbuskulární mykorhizní houba proniká do hostitelského kořene, je regulován kaskádou geneticky řízených pochodů na straně houby i rostliny, z nichž jen některé jsou známy. Existují geny, které jsou vyjadřovány (exprimovány) pouze v presymbioticky rostoucím myceliu a jejichž exprese je v pozdějších fázích vývoje mykorhizy potlačena (Gryndler et al. 2004). Lze tedy předpokládat, že jak na povrchu symbiotické houby, tak na povrchu hostitele je řada různých receptorů s regulačními funkcemi.

Houba, která již pronikla do primární kůry kořene zde začne tvořit své typické struktury – kořenová mycelia, arbuskuly a vezikuly (viz. kapitola 3.1.1). V některých případech je možné uvnitř kořenových pletiv objevit spory, které se zde taktéž tvoří.

Jakmile dojde k odklonění obranné reakce budoucí hostitelské rostliny a vytvoří se první arbuskuly, počne se houba dále šířit v kořenové kůře svého hostitele. Vytváří zde pak další mezibuněčné hyfy, arbuskuly a v další fázi vývoje i vezikuly.

Po úspěšném vytvoření mykorhizy je houba napojena na energetické zdroje rostliny. Přitom se zřejmě velmi výrazně uplatňuje glyoxalátový cyklus (byla zjištěna exprese genů kódujících řadu enzymů v cyklu působících), který zabezpečuje ukládání zásob uhlíku a energie do lipidových látek a jejich opětovnou mobilizaci (Lammers et al.2001).

Mycelium arbuskulární mykorhizní houby pokračuje ve svém růstu a to jak uvnitř kořene, tak i mimo něj. V době, kdy je již mimokořenové mycelium dostatečně rozvinuté, počnou se na něm vytvářet opětovně spory, jejichž hlavním úkolem je zabezpečení přežití symbiotické houby v případě nepříznivých podmínek.

3.1.3. Přínosy arbuskulární mykorhizní symbiózy

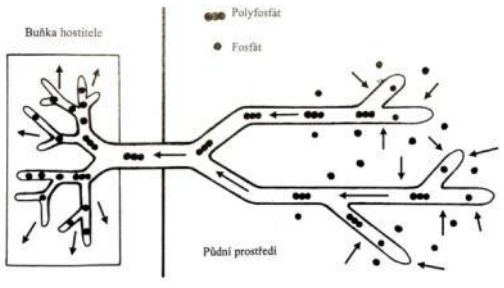
I přestože symbiotická mykorhizní houba čerpá od hostitelské rostliny energii potřebnou ke své výživě, má z tohoto vztahu prospěch rovněž i tato rostlina. Arbuskulární mykorhizní houba jí totiž na oplátku zpětně dodává minerální látky, které jsou pro zdravý růst a vývin rostlin nezbytné. Platí tedy rovnice, že energie, kterou rostlina investuje do svého soužití s mykorhizní houbou (což je pro ní relativní ztráta) je kompenzována prospěchem, který ji houba zpětně přináší ve formě lepší výživy. Krom jiného, mycelium příslušné symbiotické houby mnohdy velmi razantně zvýší půdní objem, z něhož následně rostlina tuto výživu čerpá.

Jak víme, jsou tyto výživové minerální látky rozděleny na makroelementy (dusík, fosfor, draslík, uhlík, kyslík, vodík, vápník, sodík, hořčík, síra) a mikroelementy (např. železo, křemík, měď). Nicméně hlavním předmětem zájmu zkoumání jsou prvky fosfor a dusík.

Fosfor (P) patří mezi nejvýznamnější makroelementy. Je v rostlinách obsažen v DNA, RNA a makroergních sloučeninách. Jeho nezastupitelný význam je v biosyntézách pro jeho značnou reutilizaci, stejně jako v energetickém metabolismu (respirační procesy a disimilace). Fosfor je prvek, který je definován jako málo pohyblivý v půdním prostředí a jehož mobilizace může mít výrazný vliv na růst rostlin. Zřejmě z osmotických důvodů je myceliem přijatý minerální fosfát polymerizován za vzniku polyfosfátu (Cox et al.1980). Polyfosfát je pak masivně transportován pohybujícími se vakuolami (Rasmussen et al.2000) do kořenových hyf, kde je opět hydrolyzován (*Obrázek č.3*). Enzymy, které jsou odpovědné za hydrolýzu polyfosfátu u eukaryotických mikroorganizmů, se nazývají exopolyfosfatázy. U arbuskulárních mykorhizních hub byla pozorována přítomnost nejméně dvou různých typů těchto enzymů (Ezawa et al.2011).

Dusík (N) je rovněž jedním z nejvýznamnějších prvků nejen pro rostliny, ale pro všechny živé organismy. V rostlinách je obsažen ve velkém množství organických sloučenin, jako DNA, RNA, puriny, aminokyseliny, enzymy, chlorofyl, auxin, aj. Jeho nedostatek se pak projevuje zakrslým růstem, akcelerací do nástupu generativní fáze, chlorózou (rostlina v obraně před nedostatkem translokuje dusík ze starých částí do nově rostoucích).

Z mnoha experimentů je patrné, že arbuskulární mykorhizní houby jsou schopny přijímat nejen anorganickou formu dusíku (NO_3^-, NH_4^+), která je pro rostliny rychle metabolicky využitelná, ale rovněž i dusík v podobě organických sloučenin (glicin), které nejsou rostlinám zcela běžně dostupné.



Obrázek č.3 – Schéma transportu fosforu
(zdroj: Mykorhizní symbióza, Gryndler M)

3.2. VYUŽITÍ MYKORHIZNÍ SYMBIÓZY V PRAXI

Na úvod je třeba přiznat, že srovnání počtu neúspěšných pokusů (tj. pokusů, kdy nebylo dosaženo žádoucího vlivu mykorhizní symbiózy na růst rostlin a jejich zdravotní stav) s počtem pokusů úspěšných vyznívá optimisticky zčásti proto, že výsledky neúspěšných pokusů jsou jen zřídka zveřejňovány, a proto o jejich počtu a průběhu máme jen velmi neúplné informace (Gryndler et al. 2004). Proto až někdy přehnaně optimistický pohled na využití těchto symbiotických hub v praxi se může jevit jako předčasný a neadekvátní.

I přes dílčí neúspěchy je však velmi pravděpodobné, že aplikace mykorhizního inokula se stane určitou alternativou v oblastech jako je organické, či ekologické zemědělství, nebo se použije tam, kde je třeba navrátit narušeným půdám jejich přirozenou stabilitu.

Proto, abychom zvýšili pravděpodobnost úspěchu při aplikaci symbiotických hub je třeba zdokonalovat dvě cesty, které vedou k požadovaným výsledkům. První z nich je neustálý posun v poznávání fyziologických a ekologických návazností těchto symbiotických hub a druhou je neustálý technologický pokrok v oblasti způsobů inokulací.

I přes tato úvodní slova však existuje již mnoho důvěryhodných studií a příkladů, kdy byla mykorhizní symbióza úspěšně použita. Opomineme-li v tuto chvíli studie zaměřené na aplikaci symbiotických hub v lesnictví, květinářství i ovocnictví, stále se naskytne nespočet příkladů úspěšné aplikace v zelinářství.

S určitou jistotou lze říci, že nejvhodnější doba k naočkování rostlin je v jejich nejranějších fázích vývoje. V praxi to pak znamená všude tam, kde je vzhledem k malému množství použitého substrátu rovněž i potřebné malé množství očkovací látky. Jedná se tedy převážně o využití očkovacího preparátu při výsevu u předpěstovávaných druhů zelenin. Výsledný kolonizační efekt však neovlivňuje pouze doba naočkování, ale daleko důležitější se jeví vzájemně slučitelná kombinace symbiotické houby a hostitelské rostliny s přihlédnutím k pěstitelským podmínkám.

Množství praktických studií prokazuje pozitivní vliv symbiotických hub na výnosové a nutriční parametry zemědělských plodin. Jako jeden z příkladů poslouží pokusy prováděné na území našeho státu, které zahrnují inokulaci póru dvěma různými druhy hub rodu *Glomus*, která v polním pokusu,

s celkovým počtem inokulovaných rostlin 15 000, zvýšila výnos póru po inokulaci o 18%, resp. o 35% (Gryndler et al. 2004).

Aplikace symbiotických hub u předpěstované sadby rovněž způsobuje větší odolnost hostitelských rostlin vůči patogenům. Jedním z pokusů, které byly na tohle téma prováděny je studie s předpěstovanou sadbou rajčat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a lilkem (*Solanum melongena* L.). Inokulované varianty byly ošetřené patogenní houbou (*Verticillium dahliae*) a následně jednoznačně vykázaly lepší vzrůst ve srovnání s kontrolními variantami bez inokulace (Karagiannidis et al. 2002).

Na závěr je vhodné uvést jeden z ne zcela tradičních způsobů využití mykorhizních hub a to pro potravinářské účely. Za nejjednodušší formu tohoto způsobu pěstování je považována jejich zpětná výsadba do přirozeného prostředí. Děje se tak pomocí kuchyňsky a komerčně nezužitkovaných plodnic, respektive jejich bazidiospor. Naproti tomu, jako úspěšně a cíleně pěstovanou ektomykorhizní houbu pro potravinářské účely je považován Lanýž černovýtrusý (*Tuber melanosporum*)

3.3. KOMERČNÍ PRODUKTY MYKORHIZNÍCH HUB

S jistotou lze říci, že produkty z oblasti mykorhizních hub nejsou tak vyhledávány, jako produkty běžné lidské potřeby. Tento důvod, stejně jako specifika tohoto oboru zapříčiňují, že je jen stále relativně málo výrobců, kteří by se tímto sortimentem cíleně zabývali. A právě proto je jejich pozice na trhu relativně silná.

V evropském kontextu jsou to firmy působící převážně v Německu (INOQ), Španělsku (Mycosym), Francii (Biorize, ROBIN) a Velké Británii (PlantWorks). U nás se tímto oborem zabývají firmy dvě, z toho jedna pouze okrajově (Rašelina a.s., Soběslav). Naopak mezi významné dodavatele patří firma SYMBIOM s.r.o. z Lanškrouna.

Vlastní sortiment lze pak rozdělit z několika hledisek:

a) *Forma (skupenství)*

Na trhu se kromě klasických pevných-sypkých výrobků (o nejrůznějších zrnitostních frakcích) objevují rovněž i výrobky ve formě gelu, suspenzí a roztoků.

b) *Zacílení (na hostitelskou rostlinu)*

Na trhu jsou již sestavené produktové řady a to tak, aby se v maximální míře zabezpečilo požadované budoucí mykorhizní symbióze. Z tohoto důvodu existují produkty využitelné zvlášť pro zelinářství, ovocnictví, vinařství, lesní školkařtví a květinářství. Objevují se rovněž i výrobky, které jsou specificky směřované např. na travní porosty, nebo bonsaje.

c) *Obsahu (složek)*

V tomto ohledu existují preparáty, které obsahují nejen pouze jediný druh mykorhizní houby, ale častěji kombinaci několika druhů (např. *Glomus intradadices, Glomus clarum, Entrophospora colombiana, Glomus geosporum, Glomus etunicatum*). Rovněž jsou i přípravky, které společně se symbiotickou houbou obsahují i vhodné půdní bakterie (*Bacillus subtiles, Paenibacillus azotofixans, Bacillus pumilus, Bacillus polymixa, Bacillus megatrium*).

Co však mají všechny tyto preparáty společné je, že obsahují biologicky aktivní složky, které mohou být tvořeny spory, úlomky mycelia, částmi kolonizovaných kořenů, nebo nejčastěji jejich kombinací.

Nejběžnější forma nabízených výrobků je však tvořena určitým pevným nosičem, což může být expandovaný jíl, písek, Perlit, rašelina apod., společně s výše uvedenými aktivními složkami (*Foto č.1*). To však neznamená, že neexistují také inokula na půdní bázi, nicméně jejich využitelnost s ohledem na její specifika není tak častá.

Foto č.1 – Nosič ve formě expandovaného jílu
(foto:Heinrich M.)

3.4. VZÁJEMNÉ PŮSOBENÍ MYKORHIZNÍCH HUB A BAKTERIÍ

Bakterie vyskytující se v půdě mají velmi široké a univerzální schopnosti. Lze však mezi nimi objevit ekologické skupiny, které se vyznačují svými specifickými a nenahraditelnými vlastnostmi. Jedná se například o skupiny, které dokáží rozpustit za normálních okolností nerozpustitelné soli fosforu a jiných prvků, bakterie které potlačují růst jiných mikroorganizmů, nebo naopak ty, které stimulují růst rostlin, stejně jako fixátory molekulárního dusíku.

U ektomykorhizních hub je známo, že celá řada půdních bakterií urychluje kolonizaci kořenového systému hostitele. Tyto bakterie se proto někdy nazývají pomocnými bakteriemi (mykorrhiza helper bacteri/Garbaye 1994).

Bylo zjištěno, že bakterie získané z povrchu spor arbuskulárních mykorhizních hub mají velmi silné stimulační účinky na jejich klíčení. U povrchově sterilizovaných spor *Glomus versiforme* nedošlo téměř ke klíčeni. Naopak po přidání čistých izolátů bakterií z jejich povrchů se klíčivost rapidně zlepšila (Mayo et al.1986).

Rovněž bylo pozorováno, že se některé bakterie, převážně z rodu *Paenibacillus* vyskytují v oblastech kolem arbuskulárních mykorhizních hyf mnohem více než v okolní půdě. Bylo zjištěno, že bakterie *Paenibacillus validus*, které se velmi často vyskytovaly na sporách arbuskulární mykorhizní houby *Glomus intraradices*, velmi podstatně stimulovaly růst hyf této houby a vyprovokovaly tvorbu spor na nesymbioticky rostoucím myceliu (Hildebrandt et al.2002a). Všechna tato pozorování jsou důkazem toho, že půdní mikroflóra hraje nezastupitelnou úlohu nejen při kolonizaci kořenového systému, ale je dokonce vysoce pravděpodobné, že určité specifické skupiny bakterií udržují nesymbiotický (vegetativní) růst arbuskulární mykorhizní houby i v době nepřítomnosti svého hostitele.

Další důležitou skupinou, která přichází do přímého styku s myceliem arbuskulárních mykorhizních hub jsou bakterie, které dokáží v půdě rozpouštět nerozpustné formy fosforu – tzv. fosfát solubilizující bakterie. Tato vlastnost se nejvíce projeví v půdách, kde je nedostatek rostlinám dostupného fosforu. Všude tam pak mohou velmi výrazně dopomoci k růstu těchto rostlin v případě, že jsou zaneseny do půdy společně s inokulum symbiotických hub. Mezi tyto fosfát rozpouštějící bakterie patří např. *Enterobacter agglomerans.*

Antagonistické bakterie jsou další, umělou skupinou bakterií, které mají společné jen to, že omezují růst a aktivitu patogenních hub. Ukázalo se, že řadu takových bakterií (antagonistických například vůči půdním patogenním houbám *Fusarium oxysporum*, *Phytopthora cinnamomi* a *Phytopthora parasitka)* je možno izolovat z nádobových kultur arbuskulárních mykorhizních hub (Citernesi et al.1996).

Mezi ekologicky velmi důležitou skupinu bakterií počítáme ty, které dokáží využívat molekulární dusík – tzv. diazotrofní bakterie. Rod, který je v této souvislosti nejčastěji studován je rod *Azotobacter.* Inokulace rostlin rajčete bakterií *Azotobacter chroococcum* zlepšila kolonizaci kořenového sytému arbuskulární mykorhizní houbou *G.fasciculatum*. Podobný efekt inokulace, tentokrát u cibule inokulované houbou *G.fasciculatum*, byl pozorován v případě diazotrofní bakterie *Beierinckia mobilis*. Přítomnost bakterie zvyšovala sporulaci mykorhizní houby a růst hostitelské rostliny (Manjunath et al.1981).

Z uvedených příkladů vyplívá, že mykorhizní houby jsou jen nedílnou součástí složitého společenstva, které působí na hostitelskou rostlinu.

3.4.1. Kompostování

Předešlé kapitoly ukazují, jak je důležité zajistit rostlinám vyvážené a stabilní prostředí, ve kterém mohou prosperovat i bez razantních zásahů člověka. Nejen působení mykorhizních hub, ale také vysoká mikrobiální činnost v půdě přispívá k vytváření vhodných životních podmínek pro většinu rostlin. Stejně jako v případě symbiotických hub, jednou z cest jak tuto mikrobiální aktivitu zvýšit, je „naočkovat“ půdu vhodnou substancí, v níž je úroveň této činnosti mnohonásobně vyšší než za normálních podmínek. Za takovou substanci můžeme považovat výsledný produkt činnosti, kterou nazýváme kompostování.

Účelem kompostování je co nejšetrněji a nejrychleji odbourat a zhodnotit biologicky rozložitelné odpady, za pomocí aerobních mikroorganizmů, které

jsou schopny tyto bioodpady převést na stabilní humusové látky. Lze tedy říci, že tímto řízeným procesem můžeme požadované humusové látky získat rychleji a produktivněji. Dalšími důvody proč tuto činnost provádět je, že při ní dochází k rapidní změně skladby mikroorganismů a zároveň dojde k přirozené termické dezinfekci takto zpracované hmoty (likvidace patogenů, semen plevelů a zárodků škůdců).

Výsledným produktem tohoto řízeného procesu je pak silně aktivní organická hmota – kompost.

3.4.2. Založení kompostu

Pro správný průběh kompostovacího procesu je nezbytné, aby bylo splněno několik základních podmínek. Nejprve je potřeba si uvědomit, které materiály jsou ke kompostování vhodné a naopak ty, které do kompostovacího procesu nepatří.

Použitelný biologicky rozložitelný odpad pak dle původu můžeme rozdělit do několika základních skupin:

1. *Odpady ze zemědělské činnosti*

   Jedná se odpady jak z rostlinné výroby, tak o odpady živočišného původu (sláma, znehodnocená krmiva, bramborová nať, silážní šťávy, nadzemní hmota plodin na semeno, chlévská mrva, močůvka, kejda apod.)

2. *Odpady z potravinářského průmyslu*

   Část potravinářských výrobků se stává odpadem zejména z důvodu nesplnění hygienických požadavků. Jedná se zejména o rostlinné a živočišné polotovary nebo produkty s vysokým obsahem těžkých kovů, reziduí pesticidů, PCB, mykotoxinů, choroboplodných, zárodků, parazitů apod. (otruby, pivovarské mláto, melasa, olejnaté kaly, syrovátka, krev, kosti apod.) (Zemánek et al. 2010).

3. *Kaly z čistíren odpadních vod*

   Základním předpokladem pro zpracování kalů kompostováním je mít k dispozici jejich podrobný rozbor z hlediska biologického, chemického a fyzikálního. Stěžující okolností případného kompostování je jejich tekutá konzistence.

4. *Zahradnické odpady*

Tato skupina odpadů je v souvislosti s naším zaměřením nejzajímavější. Patří zde například odpady ze zeleniny (kořeny a nať plodové zeleniny, listeny, košťály apod.), dále listí, biologický rozložitelný odpad ze sadů a vinic (produkty pravidelných řezů), výlisky z jablek a matoliny.

5. *Ostatní odpady*

V této skupině jsou zahrnuty biologicky rozložitelné odpady z dalších odvětví, jako je komunální sféra (odpady z údržby trávníkových ploch, stromů, keřů apod.) a lesní hospodářství (kůra, jehličí, listí apod.)

Oproti výše uvedeným skupinám existují rovněž odpady, které jsou pro kompostovací proces zcela nevhodné a bude tedy třeba je z potenciální zakládky vyloučit. Jedná se např. o kosti, oleje, maso, léčiva, sklo, umělé hmoty, chemikálie apod..

I přesto, že zvolíme správné materiály pro kompostování je nezbytně nutné dodržet několik dalších základních podmínek, které zaručí správný průběh kompostovacího procesu.

Pro úspěšné kompostování a výslednou kvalitu konečného produktu rozhoduje správné sestavení surovinové skladby čerstvého kompostu. Důležitý je výběr odpadů a stanovení jejich hmotnostních poměrů. Kombinují se odpady s vysokým obsahem dusíku a uhlíku, odpady málo strukturní s odpady strukturními, odpady suché s vlhkými tak, aby bylo docíleno optimálních podmínek (Plíva et al. 2016). Za optimální podmínky pro úspěšný kompostovací proces můžeme považovat:

- poměr uhlíku a dusíku (C:N) v rozmezí 30-35:1
- počáteční vlhkost v rozmezí 50-60%
- správně upravená zrnitost pro zabezpečení homogenity zakládky
- zajištění aerobního prostředí

3.4.3. Fáze procesu kompostování

I přesto, že kompostování je složitý průběžně probíhající proces, u kterého nelze přesně stanovit dílčí časové úseky a průběh tlení, můžeme však u něj

poměrně přesně rozlišit tři základní fáze toho procesu, které jsou od sebe rozeznatelné (*Obrázek č.4)*:

a) *Fáze rozkladu*

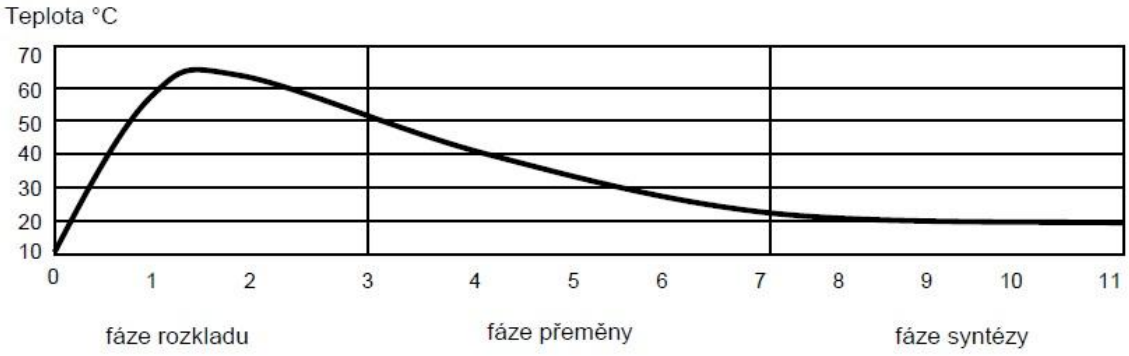
Doba trvání této fáze je 3 - 4 týdny od založení. Je charakteristická tím, že prudce narůstá teplota až na hodnoty 50 - 70°C, což je způsobeno vysokou aktivitou převážně termofilních mikroorganizmů. Za těchto teplot dochází k rozkladu cukrů, škrobů a bílkovin (v pozdější fázi i celulózy) a zároveň k hygienizaci kompostu vlivem vysokých teplot. Živiny vázané v organické hmotě částečně přechází až do své minerální podoby.

b) Fáze přeměny

Tato fáze probíhá přibližně od 4. do 8.týdne a je provázena poklesem původně vysokých teplot na hodnoty 20 – 40°C, což je způsobeno činností převážně mezofilních bakterií. Již mineralizované živiny jsou postupně zapracovávány do „humusového komplexu“. Kompost postupně získává svoji charakteristickou drobivou strukturu a barvu.

c) Fáze syntézy

V této závěrečné fázi se teplota kompostu již přizpůsobuje teplotě okolí a provází ji činnost psychrofilních bakterií. Stále dochází ke zvyšování stability a kvality humusu a kompost pokračuje v získávání silně zemité struktury.



Obrázek č.4 – Fáze procesu kompostování
(zdroj: web2.mendelu.cz)

3.4.4. Využití kompostu a jeho aplikace

Všeobecně je kompost považován „pouze“ za hnojivo, které dodává rostlinám potřebné živiny. Nicméně jeho funkce a přínosy jsou mnohem širší. Nejenom že přispívá k obranyschopnosti rostlin, ale taky v případě vhodné aplikace velmi znatelně vylepšuje půdní vlastnosti. Jedná se zejména o zvýšení biologické aktivity půdy, stejně jako schopnost zadržovat vodu, omezit vodní a větrnou erozi a v neposlední řadě znatelně přispívá k požadované struktuře půdních horizontů.

Jak se kompost bude chovat v návaznosti na své okolí a co bude jeho hlavním přínosem závisí zejména na jeho stáří (stupni vyzrálosti), způsobu aplikace a dodaném množství. Vyzrálý kompost, ve kterém již neprobíhají intenzivní rozkladné procesy je více stabilní a jeho přínos se dá charakterizovat jako déle trvající. Proto se používá právě k aplikaci pro zlepšování půdních vlastností. Čerstvý kompost je považován za vysoce aktivní a jeho účinky jsou ve srovnání s vyzrálým sice krátkodobé, nicméně intenzivnější. U obou případů však platí, že jako s každým hnojivem je třeba obezřetnosti, protože i s kompostem se dá přehnojit.

Samotná aplikace je pak možná v původní sypké formě a to jak na povrch půdy, tak její zapravení do vyšších půdních horizontů. Za specifickou možnost aplikace je pak považován výluh z kompostu – tzv. „kompostový čaj“. Tento výluh se získává za přesně stanovených podmínek a je možné jej v průběhu tvorby obohatit o další aktivní a prospěšné látky pro rostliny.

Kvalitně připravený kompost má tedy široké uplatnění a to nejen v zemědělství, ovocnictví, zelinářství a květinářství, ale rovněž i při rekultivacích, stejně jako při udržování veřejné zeleně a parků.

4. MATERIÁLY A METODIKA

4.1. POPIS PROSTŘEDÍ

Experimentální část byla rozdělena do několika dílčích okruhů. Proto i jednotlivé pokusy byly realizovány na několika různých místech. Jeden z interiérových experimentů se sadbou byl prováděn v areálu Mendelovy univerzity v Lednici a zbývající v mém bydlišti. Pokusy v přírodních podmínkách pak byly uskutečněny na pozemku v k.ú. města Krnova, který se rozkládá na severovýchodním úpatí Nízkého Jeseníku, v nadmořské výšce 332 m n.m.

4.2. POKUSY – UMĚLE VYTVOŘENÉ PODMÍNKY (INTERIÉR)

4.2.1. Aplikace mykorhizních hub na sadbě – typová

Tato experimentální část je zaměřena na zkoumání vlivů arbuskulární mykorhizní symbiózy na sadbě zvoleného druhu zeleniny. Vlastní pokus byl koncipován tak, že veškerá aplikace a následné kroky vycházely se všeobecných standardů a doporučení.

4.2.1.1. *Rostlinný materiál*

Pro tento experiment byli vybráni dva modeloví zástupci. Prvním z nich je Paprika roční (*Capsicum annuum*), odrůda Artist. Jedná se o velmi ranou odrůdu sladkého beraního rohu, která je určena pro studené rychlení i pro polní pěstování. Plody jsou v technické zralosti středně zelené, v botanické zralosti jasně sytě červené s výrazným leskem. Odrůda je vhodná ke konzervaci celých plodů v technické i botanické zralosti. Druhým zástupcem je Rajče jedlé (*Lycopersicon lycopersicum*), odrůda Spencer. Je to polopozdní indeterminantní hybridní odrůda typu LSL. Plody jsou malé, kulovité, pevné, odolné proti praskání, bez žebrování a bez žíhání. Hmotnost plodu je 30 – 40g. Odrůda je určena pro teplé i studené rychlení ve sklenících i fóliových krytech. V teplejších oblastech ji lze pěstovat i na poli. Plody dozrávají jednotně a lze sklízet celé vijany (www.moravoseed.cz).

4.2.1.2. Technické zabezpečení a přípravky

Technické vybavení pro tento pokus se skládalo ze dvou částí. Zatím co první část obsahovala dostupné a finančně nenákladné součásti, jako sadbovače (96 buněk o rozměru 40×40×60mm), substrát (AGRO CS-PROFIMIX RS1) a násadu mykorhizních hub (SYMBIVIT-Rajčata a Papriky®), druhá část sloužící pro vyhodnocení pokusu byla opačného rázu. Obsahovala, metr, posuvné digitální měřidlo, laboratorní digitální váhu (Kern KB), Petriho misky, mikroskop (Intraco Mikro) a potřebné roztoky (10%KOH, 1%HCl, destilovanou vodu, Trypanovou modř a lactoglycerol).

4.2.1.3. Pěstební technologie a časový harmonogram

Paprika je plodinou velmi náročnou na teplo, světlo i vláhu. Optimální teplota je 22-25°C, v noci o 7°C nižší, minimální teplota je 14°C. V našich podmínkách se paprika pěstuje vždy z předpěstované sadby. Nejvhodnější termín výsevu je do 20.února. Vysévá se do sadbovačů a klíčí při teplotě 25-30°C za 7-8 dní, při teplotě 13-14°C za 15 dní. Po vyklíčení se teplota upraví na 15-17°C (na týden), v dalším období na 17-20°C ve dne a 12-14°C v noci (Petříková, Hlušek e. al. 2012).

Rajčata patří k teplomilným zeleninám. Jsou citlivá na nízké teploty, ale tolerantní k vysokým. Minimální teplota pro klíčení semen a růst rostlin je 10°C. Vhodná teplota k pěstování je od 18 do 28°C. Pěstují se jak z přímého výsevu (keříčkové odrůdy pro průmyslové zpracování), tak z předpěstované sadby (keříčkové a tyčkové odrůdy pro přímý konzum). Předpěstování sadby vyžaduje krycí prostory. S výsevem se začíná již v březnu - sadba tyčkových odrůd a pokračuje se s výsevem odrůd keříčkových. Rajčata pro přímý konzum se vysévají do sadbovačů větších rozměrů (s 96 buňkami). Sadbovače se umísťují do skleníků a sazenice se předpěstují při teplotě 18-20°C ve dne a 12-14°C v noci. Sadba se předpěstuje podle doby výsevu 40-60 dní (Petříková, Hlušek e. al. 2012).

S ohledem na to, že předpěstovaná sadba sloužila pouze k experimentálním účelům a nebyla dále vysazována, byly jednotlivé termíny pokusu upraveny. K vlastnímu výsevu obou druhů došlo dne 21.7. 2016. Byly použity dva kusy sadbovačů a osety tak, že jeden obsahoval oba druhy

zeleniny umístěné ve směsi mykorhizní houby a substrátu (v poměru 1,5 : 100) a druhý tytéž zeleniny vyseté pouze v substrátu (bez mykorhizních hub). Sadbovače byly následně umístěny do skleníku (vzájemně tak, aby nemohlo dojít k náhodnému přenosu mykorhizních hub), ve kterém zůstaly až do vyhodnocení započatého dne 29.8.2016.

4.2.1.4. Hodnocení pokusu

Vyhodnocení tohoto experimentu se skládalo z několika na sebe navazujících kroků. Nejprve došlo k jednoduchým úkonům, jako změření výšky nadzemní části rostlin a průměru kořenového krčku u všech jednotlivých exemplářů. Poté byla kořenová soustava proprána ve vodě tak, aby se zbavila veškerého substrátu. Následně byla změřena délka kořenů (*Foto č.2*) a po oddělení stanovena i jejich hmotnost, stejně jako hmotnost zbývající nadzemní části.

Součástí pokusu bylo rovněž vyhodnocení procentuální úspěšnosti kolonizace kořenů pod mikroskopem. Aby mohl být tento krok učiněn, předcházela mu vlastní příprava kořenových částí. Kořeny rostlin jsou dobře omyty v destilované vodě a následně ponořeny do 10% KOH na 24 hodin. Poté následuje opět opláchnutí v destilované vodě a kořeny jsou na 5 minut ponořeny do 1% HCl. Po namočení v HCl již kořeny neoplachujeme a ponoříme na dalších 24 hodin do Trypanové modři. Po 24 hodinách byly kořeny opět opláchnuty vodou a ponořeny do lactoglycerolu (80% kyselina mléčná, glycerol, destilovaná voda 1:1:1), který umožňuje konzervování kořenů. Poté rostliny vyhodnotíme pod mikroskopem (Gryndler et al., 2004, Vierheilig, 1998).

K vlastnímu vyhodnocení pak byly použity přibližně 10 mm segmenty kořenových částí, které byly umístěny pod mikroskop na sklíčku obsahující určitou formu rovnoběžných linií, s jejichž pomocí se potom odečítalo množství houbových struktur. Tímto způsobem jsme ihned obdržely procentuální úspěšnost kolonizace pro každý z kořenů. U vyhodnocení byla použita klasická průsečíková metoda (Grid line intersected method) 4 směsných vzorků od každé varianty (*Foto č.3*). Pro vlastní výpočet se použije vzorec:

$$\%C = 100\Sigma(+)/(\Sigma(+) + \Sigma(-)).$$

Statistické zpracování výsledků bylo provedeno za pomocí programu Statistica CZ 12. Byla použita jednorozměrná analýza rozptylu (ANOVA) s testováním

dle Scheffeho (p = 95 %), na hladině významnosti alfa 0,05. Směrodatná odchylka u jednotlivých dílčích výpočtů je pak graficky znázorňována formou sforek.

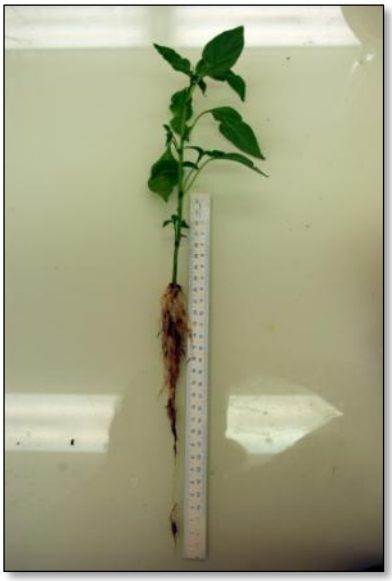


Foto č.2 – Délka kořenů
(foto:Heinrich M.)

Foto č.3 – Směsné vzorky kořenů
foto:Heinrich M.)

4.2.2. Aplikace mykorhizních hub na sadbě – atypická

Cílem tohoto experimentu bylo podobně jako v předešlém případu, zjistit míru vlivů arbuskulární mykorhizní symbiózy na konkrétním druhu zeleniny. Rozdílné jsou však tyto pokusy v tom, že zde bylo použito nestandardního poměru mísení mezi násadou symbiotické houby a substrátem, stejně jako ve stupni vyhodnocení.

4.2.2.1. Rostlinný materiál

Stejně jako v předešlém případě byla jako zástupce zeleniny zvolena Paprika roční (*Capsicum annuum*), avšak odrůda Ornela. Je to poloraná až polopozdní kapie pro pěstování ve sklenících, v teplejších oblastech i na poli. Má úzce trojúhelníkovité plody s vypouklou stopeční jamkou, které jsou v technické zralosti středně zelené a sytě žluté v botanické zralosti. Průměrná hmotnost plodu je 140 g a hodí se zejména ke konzervaci (www.moravoseed.cz).

4.2.2.2. Technické zabezpečení a přípravky

Pro tento účel byla použita stávající speciální konstrukce s odrazovou fólií, jejíž součástí je systém lamp a měřící technika (digitální teploměry) (*Foto č.4*). Jako zdroj osvětlení posloužila metalhalogenidová výbojka o výkonu 250W s převážně modro-bílým spektrem světelného záření (grow). Vlastní výsev pak byl proveden do sadbovače se 104 buňkami (13×8 buněk) o rozměru 30×30×50mm do substrátu Light Mix od BioBizz. Násada mykorhizních hub byla použita stejně jako v předešlém případě (SYMBIVIT-Rajčata a Papriky®).

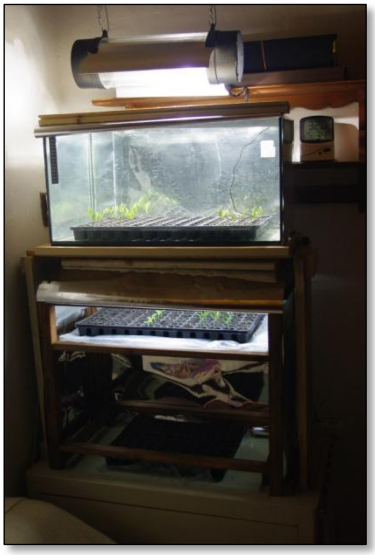


Foto č.4 – Technické zázemí experimentu
(foto:Heinrich M.)

4.2.2.3. Pěstební technologie a časový harmonogram

Snahou tohoto experimentu bylo, aby optimální pěstební technologie popsaná u předešlého pokusu byla v maximální míře dodržena a eliminovalo se tak co největší množství nežádoucích vlivů na výsledek tohoto experimentu.

Před vlastním výsevem došlo k namáčení semen a to na dobu 12 hodin. Následující den, tedy 15.2. 2016 byl proveden výsev a to do obou okrajových částí sadbovače (středová plocha o počtu 40 buněk zůstala prázdná). Levá část sadbovače obsahovala pouze samotný substrát a pravá směs mykorhizní houby a substrátu v poměru 20 : 100. Teplota byla udržována na hodnotě

25,3°C. Po týdnu – tedy 22.2. 2016 došlo k vyklíčení prvních rostlin. Teplota byla snížena na 20°C a udržována po celou dobu experimentu.

4.2.2.4. Hodnocení pokusu

I přestože bylo provedeno několik měření (počet vyklíčených semen, výška nadzemní části) s časovými odstupy 7-mi dnů, za základní způsob vyhodnocení tohoto experimentu jsem považoval pouze vizualizaci nadzemní části rostlin, kterou jsem ukončil dne 12.4.2016

4.2.3. Vizualizace kořenového systému

Snahou posledního pokusu v částečně řízených (interiérových) podmínkách bylo zprostředkovat pohled, který je za normálních okolností nemožný. Cílem bylo zachytit kořenovou soustavu testovaných rostlin a vzájemně srovnat, zda jsou viditelné rozdíly mezi kořeny osídlenými mykorhizní houbou a kořenovou soustavou bez této mykorhizní symbiózy.

4.2.3.1. Rostlinný materiál

V průběhu tohoto pokusu bylo experimentováno ve všech směrech, výběr vhodných druhů rostlin nevyjímaje. Pro tyto účely byly zkoušeny Papriky roční (*Capsicum annuum*), Cibule kuchyňská (*Allium cepa*) i Tykev velkoplodá (*Cucurbita maxima*). V konečné fázi však bylo použito Rajče jedlé (*Lycopersicon lycopersicum*), odrůda Goldkrone a Tykev obecná - cuketa (*Cucurbita pepo*), odrůda Nefertiti.

Rajčete Goldkrone je velmi raná indeterminantní odrůda třešňového rajčete se žlutými plody, určená pro rychlení i polní pěstování. Rostlina je středně vzrůstná. Květenství převážně složené s vysokým počtem plodů. Plody jsou kulaté, malé, o hmotnosti 15 - 20g. Odrůda cukety Nefertiti je charakterizována jako rostlina keříčkového vzrůstu. List je velmi silně členěný, středně zelený s mramorováním. Mladý plod středně až tmavě zelený bez skvrnitosti, středně lesklý. Plně vyvinutý plod je tmavě zelený, válcovitého tvaru, středně dlouhý až dlouhý. Semeno bělavé, malé (www.moravoseed.cz).

4.2.3.2. Technické zabezpečení a přípravky

Po celou dobu pokusu byla využita konstrukce s osvětlením a dalším příslušenstvím popsaná v předešlé části. V době klíčení však bylo potřeba zajistit semenům temné prostředí a zároveň vše nachystat proto, aby bylo možné rozvíjející se kořenovou soustavu zdokumentovat. Pro tento účel byly vyrobeny speciální nádoby s prosklenou čelní stěnou (*Foto č.5 a 6*). Délka těchto nádob byla 500mm (rozdělena na 3 stejné části), ale jejich výška a tloušťka by v mnoha rozměrových modifikacích. Nejdůležitějším parametrem byla právě tloušťka komory, ve které byl umístěn substrát. Ta se pohybovala od 3mm do 25mm. Každá komora byla opatřena otvory pro odvod přebytečné vlhkosti (zálivky). Rovněž bylo potřeba připravit pro každou z variant tzv. stínítko. Jednalo se o dřevěnou desku potaženou hrubou černou tkaninou. Pěstební substrát zůstal stejný jako v předešlém pokusu (Light Mix), stejně tak i násada mykorhizních hub (SYMBIVIT-Rajčata a Papriky®). Navíc však byl potřeba kompost.

Foto č.5 – Detail nádoby s proskleným čelem
(foto:Heinrich M.)

Foto č.6 – Rozměrové alternativy nádob
(foto:Heinrich M.)

4.2.3.3. Pěstební technologie a časový harmonogram

Základní princip tohoto pokusu, který byl pro všechny rozměrové varianty stejný je následující. První (levá) komora byla vyplněna samotným substrátem. Do střední komory byl umístěn substrát obohacený o kompost a to v poměru 100 : 5. Poslední (pravá) komora obsahovala násadu mykorhizních hub vnesenou do substrátu v poměru 1,5 : 100. Každá z těchto komor byla od druhé ještě

odizolována pvc přepážkou. Po těchto přípravných fázích došlo k osetí jednotlivých komor a jejich zatemnění. Ve chvíli, kdy došlo k vzejití rostlin, byly aktivovány světelné zdroje a teplota udržována na hodnotě 20°C. K pravidelné krátké kontrole docházelo přibližně co 3 dny.

4.2.3.4. Hodnocení pokusu

Snahou bylo fotograficky zdokumentovat vizuální stránku kořenového systému a vzájemně porovnat, zda-li je viditelný rozdíl mezi třemi založenými variantami.

4.3. POKUSY – PŘÍRODNÍ PODMÍNKY (EXTERIÉR)

4.3.1. Kompostování

Klasický průběh kompostování byl v tomto experimentu poněkud upraven. Nejednalo se o složení zakládky, ale o snahu ovlivnit a následně urychlit průběh jednotlivých kompostovacích fází. Cílem tedy bylo zjistit, zda-li určité zásahy do kompostovacího procesu ovlivní jeho průběh a poměrový obsah organizmů, které se na něm podílejí. To vše za předpokladu, že nedojde ke kvalitativní degradaci výsledného produktu.

4.3.1.1. Materiály

Z teoretických poznatků víme, že skladba zakládky musí být upravena tak, aby se poměr C:N co nejvíce přibližoval hodnotám 30-35:1. V tomto pokusu byli jako zástupci materiálu s vysokým podílem C upřednostněni tito - seno, listí, dřevní štěpka a piliny. Pro „energetickou“ složku kompostu byly zvoleny materiály sestávající se převážně z trusu domácích zvířat (slepice, králíci), koňského hnoje a posekané zelené travní hmoty.

4.3.1.2. Technické zabezpečení

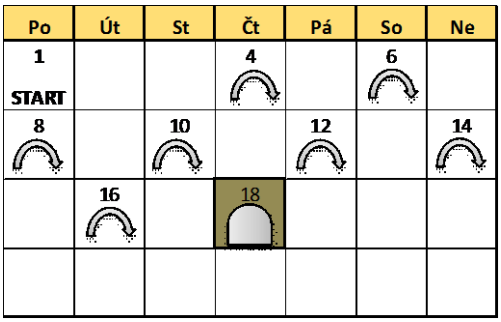
Protože zakládka byla zvolena jako volně ložená, nebylo třeba žádného speciálního vybavení. Mezi základní nástroje patřilo klasické zahradní náčiní.

Pouze pro přesné měření průběhu teplot byl použit speciální kompostovací teploměr zn. Cooper a na ochranu zakládky proti nepříznivým vlivům počasí krycí plachta.

4.3.1.3. Technologie a časový harmonogram

Vzhledem k následujícímu postupu bylo zvoleno množství zakládky přibližně o velikosti 1,3m^3. V menším množství by rovněž nebylo možné za normálních okolností docílit požadovaných teplotních hodnot. Budoucí kompost byl založen na rovném místě bez větších povrchových nerovností (zemina) a v polostínu. Vlastní zakládka byla vytvořena tak, že na zeminu bylo rozprostřeno několik menších větví, které měli omezit budoucí slehnutí zakládky a zabezpečit tak požadovanou cirkulaci vzduchu. Následně došlo k „sendvičovému způsobu“ vrstvení jednotlivých materiálů a to v odhadovaném požadovaném poměru. Průběžně byla do zakládky dodávaná voda, aby se docílila požadovaná vlhkost a mohl tak probíhat kompostovací proces. Na závěr bylo vše zakryto plachtou.

Zásahy do vlastního kompostovacího procesu byly následovné. Počínaje 4. dnem od založení byla zakládka pravidelně co druhý den překopávána (*Obrázek č.5*) a kontrolována až do 18.dne od založení. V průběhu tohoto procesu byly zaznamenávány teploty, aby bylo zřejmé, v jaké fázi se kompostovací proces nachází.



Obrázek č.5 – Schéma časového harmonogramu překopávek

4.3.1.4. Hodnocení pokusu

Hlavním kriteriem vyhodnocení byl záznam průběhu teplot v probíhajícím procesu kompostování. Jako druhořadé hledisko byl dojem z vizuální změny zakládky (struktury a objemu).

4.3.2. Aplikace mykorhizních hub při výsadbě (do slámy)

Cílem tohoto experimentu bylo zjistit, zda-li aplikace mykorhizních hub při výsadbě předpěstované sadby (bez této aplikace) ovlivní následný vývoj rostlin a jejich konečný výnos, ve srovnání s rostlinami takto neošetřenými. K pokusu bylo přistupováno netradičně a to s ohledem na způsob pěstování testovaných rostlin na balících slámy.

4.3.2.1. Rostlinný materiál

Jako plodina, na které budou uplatňovány tyto testovací metody byla zvolena Tykev velkoplodá (*Cucurbita maxima*), odrůda Hokkaido. Jedná se odrůdu s plazivým způsobem růstu, s relativně mělkou kořenovou soustavou. Stonek je válcovitého průřezu a dosahuje délky až 10m. Plody ploše kulovitého tvaru mají jasně oranžovou barvu. Tykev se pěstuje v I.trati, přičemž se svými půdně - ekologickými nároky i systémem výživy a hnojení blíží ostatním plodovým zeleninám (Hlušek et al.2002).

.

4.3.2.2. Technické zabezpečení a přípravky

Základním stavebním kamenem tohoto způsobu pěstování je kvalitně zhutněný balík slámy (optimálně z ekologického zemědělství) o přibližném rozměru 400×500×900mm. Aby byl u něj nastartován a urychlen proces „samovolného rozkladu“, je potřeba do něj dodat určité množství N. V tomto případě byla zvolena kostní moučka (LN). Jako v ostatních případech je k úspěšnému průběhu pokusu potřeba určitého množství vody, nicméně pouze v tomto případě je to zmiňováno, neboť v počáteční fázi je spotřeba vody značná. Jako substrát byl použit AGRO CS-PROFIMIX RS1 a násada mykorhizních hub

SYMBIVIT-Rajčata a Papriky®. Kromě toho bylo využito také vyzrálého kompostu. Mezi potřebné technické vybavení lze zmínit pouze kompostovací teploměr, který slouží k orientačnímu stanovení fáze rozkladu balíku slámy a měřící techniky potřebné k vyhodnocení (metr, digitální váhu a digitální posuvné měřidlo).

4.3.2.3. Pěstební technologie a časový harmonogram

První fáze pokusu spočívala v předpěstování sadby zvoleného druhu zeleniny. Výsev byl proveden do pvc květináčů o rozměrech 70×70×80mm se zvoleným substrátem v počtu 35 ks a to dne 25.4.2016.

Druhým krokem je vlastní příprava pěstebního média, tedy slámy. Vzhledem k tomu, že předpokládaná výsadba testovaných rostlin (do slámy) měla proběhnout v termínu 14.5.2016, byly přípravné práce zahájeny s 3 týdenním předstihem. Tyto přípravné práce lze shrnou do následujících kroků:

- **Den 1.-3.** Po tuto dobu je třeba balíky slámy prolévat vodou a neustále je udržovat vlhké. Vzhledem k tomu, že jejich hmotnost mnohonásobně stoupne je třeba tuto činnost provádět již na místě určení (pěstování).
- **Den 4.-6.** V tyto dny je třeba do vlhkých balíku zapravit „startér“ (kostní moučku). Množství se pohybuje kolem 250ml na balík. Dojde k jeho rovnoměrnému rozprostření na povrchu balíku a následně se opět pomocí vody zapravuje do jeho vnitřních částí
- **Den 7.-9.** Postup se opakuje z předešlých 3 dnů, nicméně dávka „startéru“ je snížena na polovinu.
- **Den 10. až do výsadby** Po tuto dobu je nutné udržovat balíky vlhké. S ohledem na teplotu okolí je vhodné kompostovacím teploměrem kontrolovat průběh změn ve vnitřních částech balíku.

Často se v době před výsadbou již objeví první známky toho, že samovolný rozkladný proces uvnitř balíku byl úspěšně započat. Nejčastějším projevem je růst plodnic hub (*Foto č.7*).

Posledním krokem je vlastní osazení balíku předpěstovanou sadbou (v počtu 2 sazenice/balík), což proběhlo dne 20.5.2016. Vzhledem k cílu tohoto experimentu, byly balíky rozděleny do čtyř skupin a následně takto osazeny:

1. *Skupina* – sadba do jamky obsahující pouze substrát
2. *Skupina* – sadba do jamky s kompostem
3. *Skupina* – sadba do jamky obsahující směs substrátu a inokula hub
4. *Skupina* – sadba do jamky se směsi kompostu a inokula hub

Ve 3. a 4. skupině byl poměr mísení (substrát, kompost : inokulu, 100:1,5).
V době trvání pokusu bylo k variantám s použitým kompostem průběžně aplikováno dodatečné množství kompostu a to v dávce 50g, vždy 1×za 10 dnů. Zbylé varianty nebyly nikterak ovlivňovány.

Foto č.7 – Úspěšně započatý rozkladný proces
(foto:Heinrich M.)

4.3.2.4. Hodnocení pokusu

Pro vyhodnocení pokusu byly vybrány níže uvedené morfologické znaky, které se měřily a vzájemně pak porovnávaly mezi čtyřmi různými variantami způsobu osazení (4 skupiny). U daných rostlin se měřila délka nadzemní části, délka kořenů, průměr kořenového krčku, hmotnost nadzemní části, hmotnost kořenů, počet listů, počet plodů a celková hmotnost plodů. Přepočet listů byl proveden dne 3.9.2016 a zbývající měření proběhlo po poslední sklizni, která se uskutečnila dne 8.10.2016. Všechny údaje byly zpracovány a vyhodnoceny stejnou statistickou metodou, jako tomu bylo u pokusu na sadbě. (viz.4.2.1.4)

5. VÝSLEDKY

5.1. VLIV MYKORHIZNÍ SYMBIÓZY NA SADBU

Posouzení úspěšnosti tohoto experimentu spočívalo ve vyhodnocení, zda-li přítomnost mykorhizních hub ve výsevním substrátu ovlivní budoucí vývoj pěstovaných rostlin. Sledovaly se zejména morfologické změny a vyhodnocovala se úspěšnost kolonizace kořenového systému.

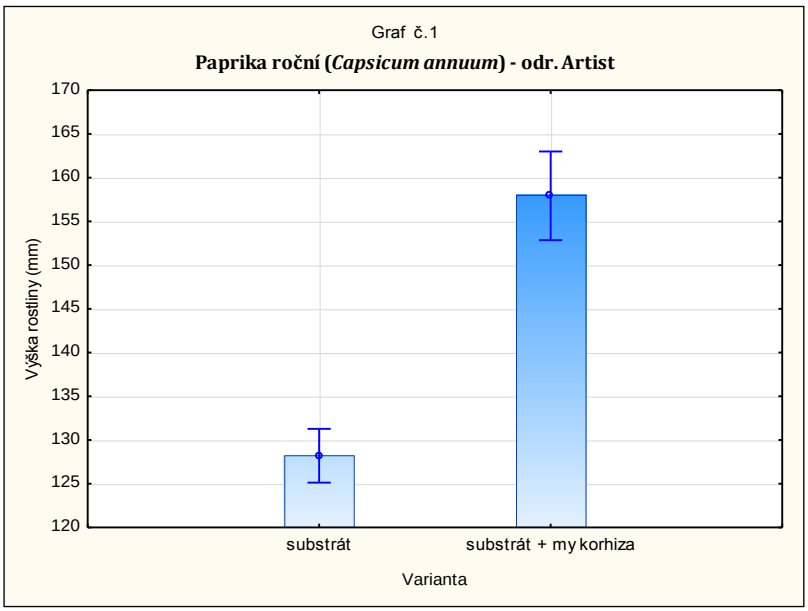
5.1.1. Sadba Papriky roční (*Capsicum annuum*) - odr. Artist

Vzájemným porovnáním bylo zjištěno, že dojde-li ke kolonizaci kořenového systému rostliny, má to kladný vliv na změnu jejich morfologických parametrů, které jsou již okem viditelné (*Foto č.8*). Hodnotili se a vzájemně porovnávali (u vzorků ošetřených mykorhizní houbou a vzorků bez aplikace) tito ukazatelé:

Foto č.8 – Vzorek testovaných rostlin
(foto:Heinrich M.)

1. Výška rostlin

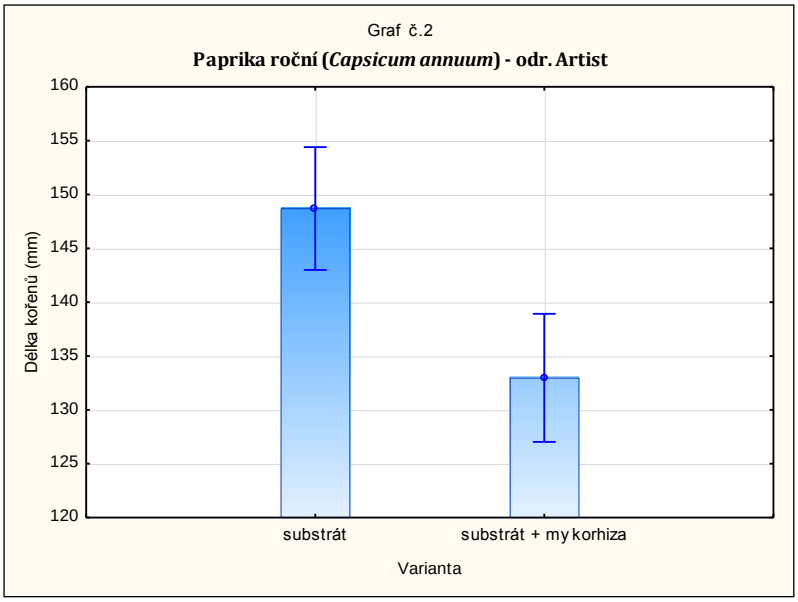
Prvním z parametrů, který byl u předpěstované sadby hodnocen, byla výška nadzemní části rostliny. Rozdíl mezi kontrolní variantou se substrátem bez inokulace a rostlin rostoucích v přítomnosti mykorhizních hub byl v 29,7 mm. Dle statistického vyhodnocení byla průměrná výška rostlin bez přítomnosti symbiotických hub 128,2 mm, zatím co u druhé varianty 157,9 mm (*Graf č.1*).



Graf č.1 – Výška nadzemní části předpěstovaných rostlin

2. Délka kořenů

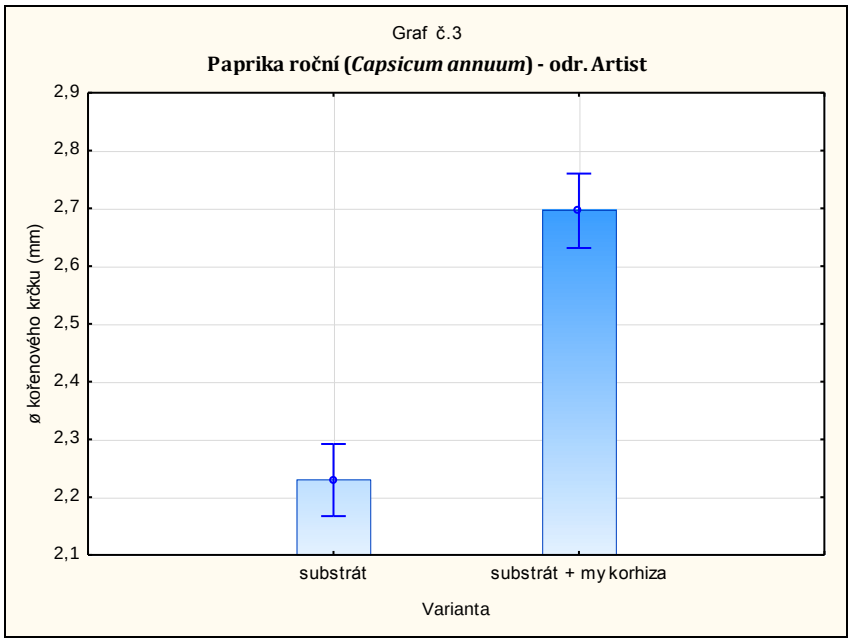
Měřením bylo zjištěno, že délka kořenů vykazuje opačný charakter, než je tomu u zbývajících částí posuzovaných rostlin. V tomto případě je průměrná délka kořenů u kontrolních vzorků 148,7 mm, zatím co průměrná délka kořenů u rostlin s přítomností mykorhizní houby je 132,9 mm (*Graf č.2*). Tento výsledek poukazuje na to, že kořeny spolupracující s arbuskulární mykorhizní houbou nemají takovou potřebu expandovat do okolního prostředí, jako je tomu u kořenů rostlin z kontrolní varianty.



Graf č.2 – Délka kořenů u předpěstovaných rostlin

3. Průměr kořenového krčku

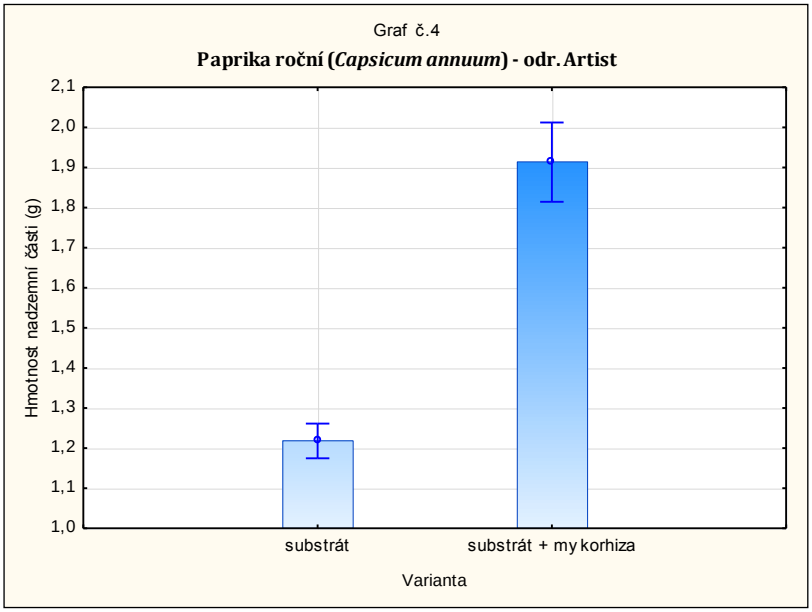
Průměrná hodnota kořenového krčku již vykazovala podobný poměrový ukazatel, jako tomu bylo u výšky nadzemní části rostlin. Bylo změřeno a statisticky vyhodnoceno, že průměrná hodnota kořenového krčku u rostlin z kontrolní varianty (bez mykorhizní symbiózy) činí 2,2 mm a u sadby s kolonizovanou soustavou kořenů 2,7 mm (*Graf č.3*).



Graf č.3 – Průměr kořenového krčku

4. Hmotnost nadzemní části

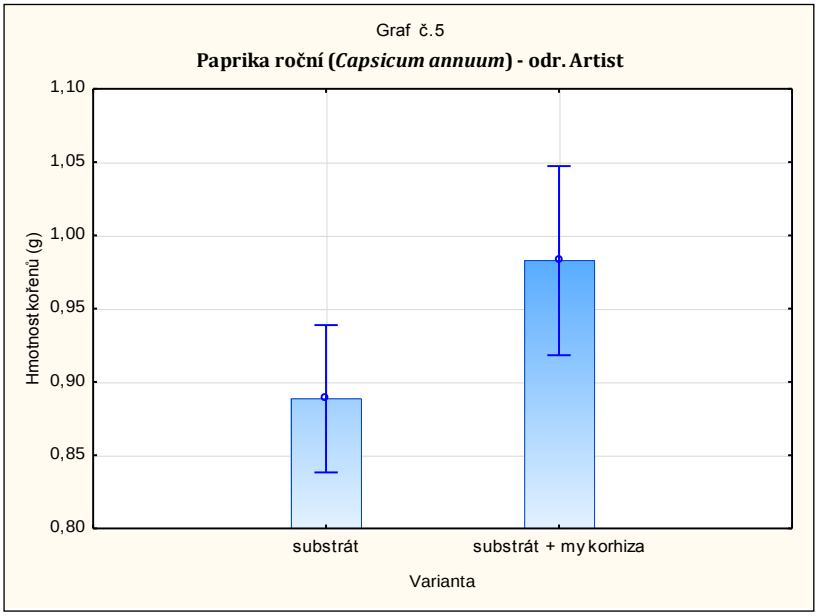
Předpokladem bylo, že je-li průměrná hodnota výšky nadzemní části rostlin ze substrátu s mykorhizní houbou větší než rostlin z kontrolního vzorku, bude i průměrná hmotnost této měřené části větší. Tento předpoklad se potvrdil, protože průměrná hmotnost nadzemní části rostlin z kontrolního vzorku činí dle statistického výpočtu 1,2 g a u druhé varianty je to potom 1,9 g (*Graf č.4*).



Graf č.4 – Hmotnost nadzemní části rostlin

5. *Hmotnost kořenové části*

Poslední fyzikálně měřenou veličinou u tohoto pokusu byla hmotnost kořenové soustavy. Zde byl předpoklad, že je-li kořenová soustava rostlin z kontrolního vzorku průměrně delší o 15,8 mm, než u rostlin s kolonizovanými kořeny, bude i průměrná hmotnost těchto kořenů větší. Výsledek však byl opačný. Průměrná hmotnost kořenů rostlin ze substrátu s mykorhizní houbou činí 0,98 g a u rostlin z kontrolního vzorku 0,88 g (*Graf č.5*).



Graf č.5 – Hmotnost kořenové části rostlin

6. Hodnocení úspěšnosti kolonizace kořenů

Zjišťovaná míra kolonizace sloužila ke dvěma účelům. Prvním z nich bylo ověření, že rostliny z kontrolní varianty, nebyly nikterak ovlivněny případným nežádoucím kontaktem s mykorhizními houbami. Druhým důvodem bylo zjištění, v jaké míře se podařilo mykorhizním houbám a hostitelským rostlinám mezi sebou navázat kontakt. Jinými slovy, jaká byla procentuální úspěšnost kolonizace kořenů.

Tato úspěšnost byla hodnocena za pomocí mikroskopu a speciálně upravených laboratorních sklíček, na které byly umísťovány jednotlivé segmenty kořenů ze směsných vzorků (*Foto č.9*). Následně byla použita - tzv. průsečíková metoda (grid-line intersect method) a zjištěné číselné údaje byly dosazeny do vzorce pro výpočet procenta kolonizace:

$$\%\boldsymbol{C} = \frac{100\Sigma(+)}{\Sigma(+) + \Sigma(-)} = \frac{50200}{502 + 531} = \mathbf{48,6}\%$$

Mykorhizní kolonizace kořenů u rostlin ze substrátu s násadou těchto hub činila **48,6 %** a u rostlin z kontrolního vzorku byla zjištěna úspěšnost **0%**.

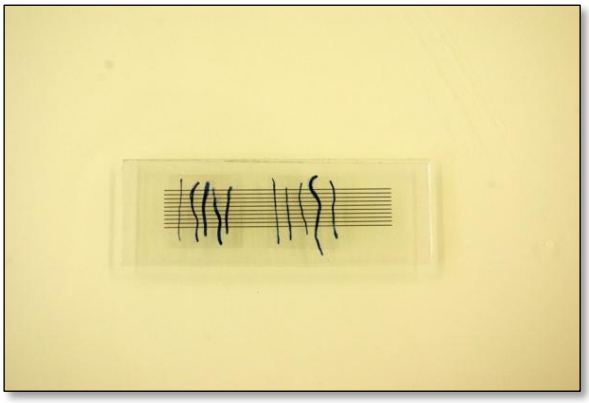


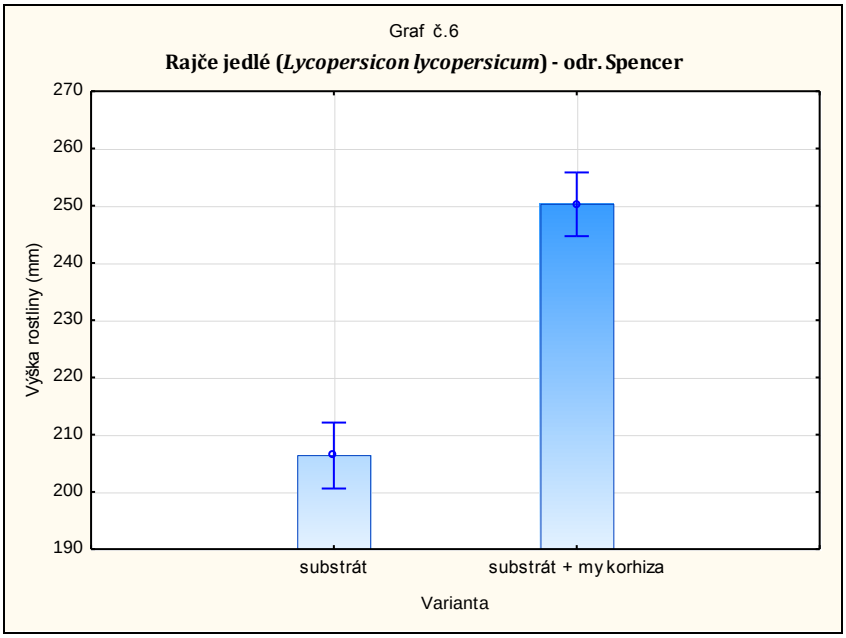
Foto č.9 – Segmenty kořenů obarvené Trypanovou modří
(foto:Heinrich M.)

5.1.2. Sadba Rajčete jedlého (*Lycopersicon lycopersicum*) - odr. Spencer

:

1. *Výška rostlin*

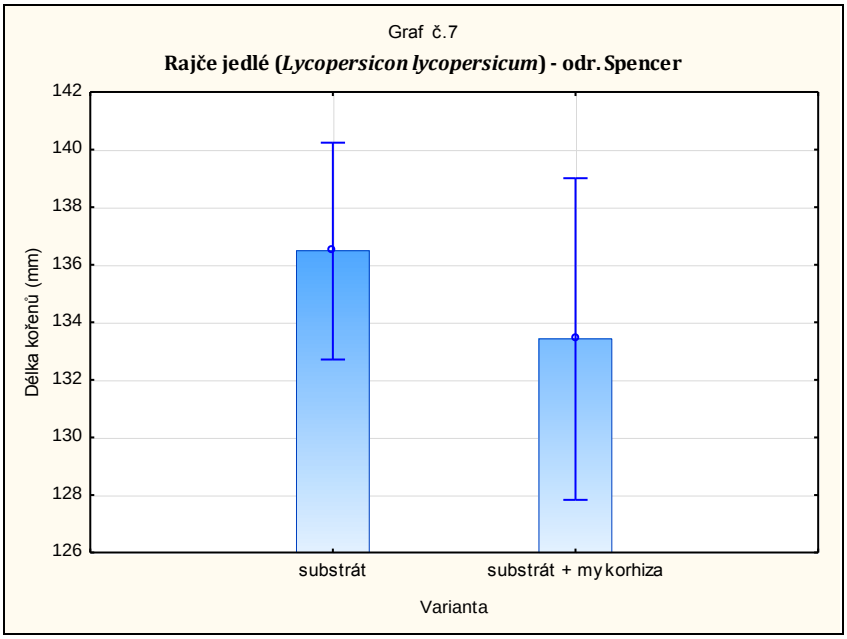
Postup hodnocení tohoto experimentu je totožný s postupem u předešlého pokusu, neboť byly vyhodnocovány souběžně. Dle statistického výpočtu byla průměrná výška rostlin bez přítomnosti symbiotických hub 206,4 mm, zatím co u druhé varianty 250,3 mm. Rozdíl mezi oběma variantami tedy činí 43,9 mm (*Graf č.6*).



Graf č.6 – Výška nadzemní části předpěstovaných rostlin

2. *Délka kořenů*

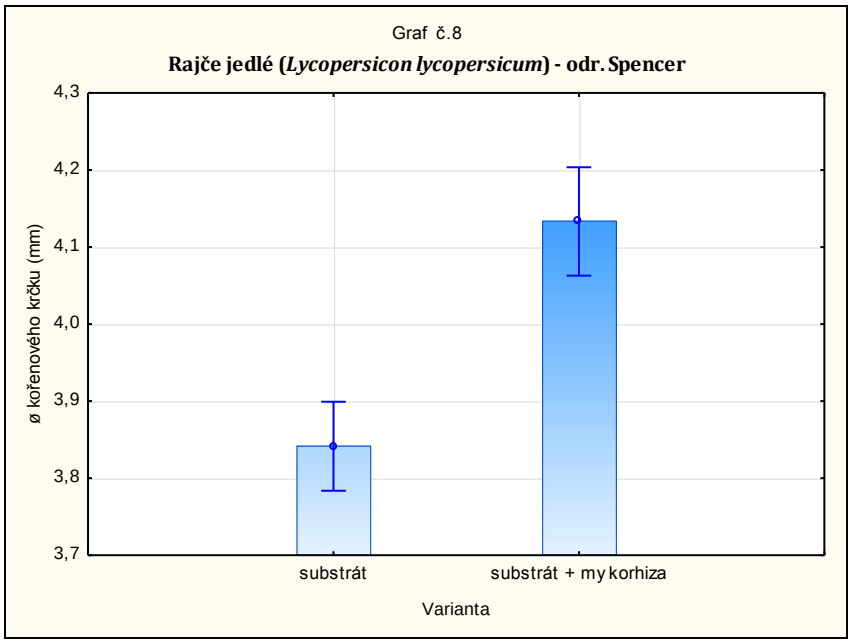
Stejně jako tomu bylo u papriky, také v tomto případě je průměrná délka kořenů u kontrolních vzorků větší než u rostlin s přítomností mykorhizní houby. Konkrétně průměrná délka kořenů u prvního případu je 136,5 mm a u rostlin s arbuskulární mykorhizní houbou 133,4 mm (*Graf č.7*). Tento výsledek opět poukazuje na to, že kořeny spolupracující s mykorhizní houbou nemají takovou potřebu expandovat do okolního prostředí, jako kořeny rostlin z kontrolní varianty.



Graf č.7 – Délka kořenů u předpěstovaných rostlin

3. *Průměr kořenového krčku*

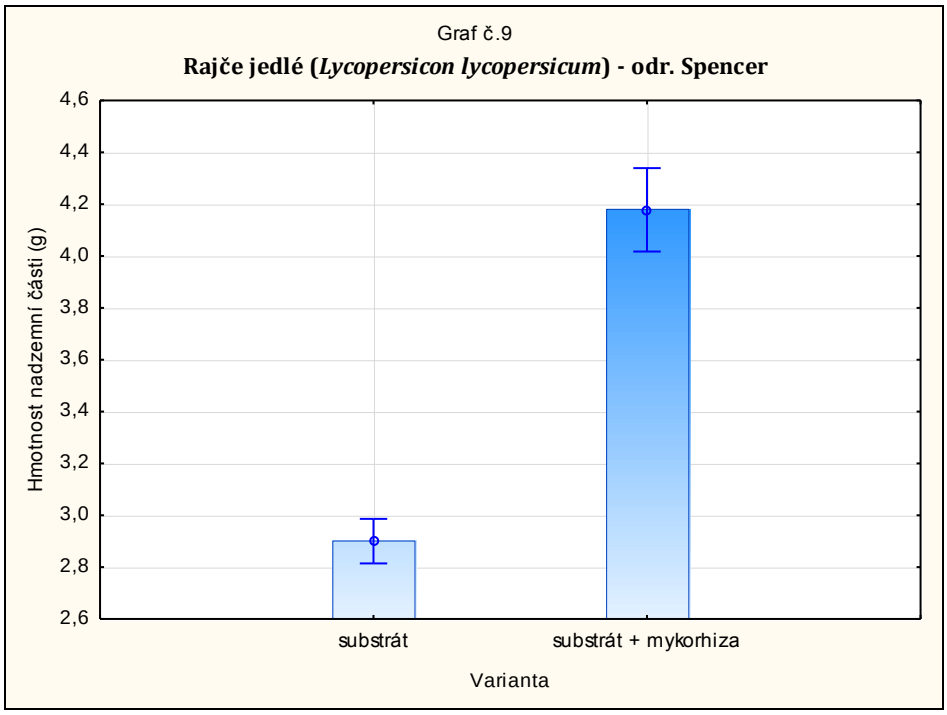
U tohoto kontrolního měření bylo zjištěno, že průměrná hodnota kořenového krčku u rostlin z kontrolní varianty (bez mykorhizní symbiózy) činí 3,84 mm a u sadby s kolonizovanou soustavou kořenů 4,13 mm (*Graf č.8*).



Graf č.8 – Průměr kořenového krčku

4. *Hmotnost nadzemní části*

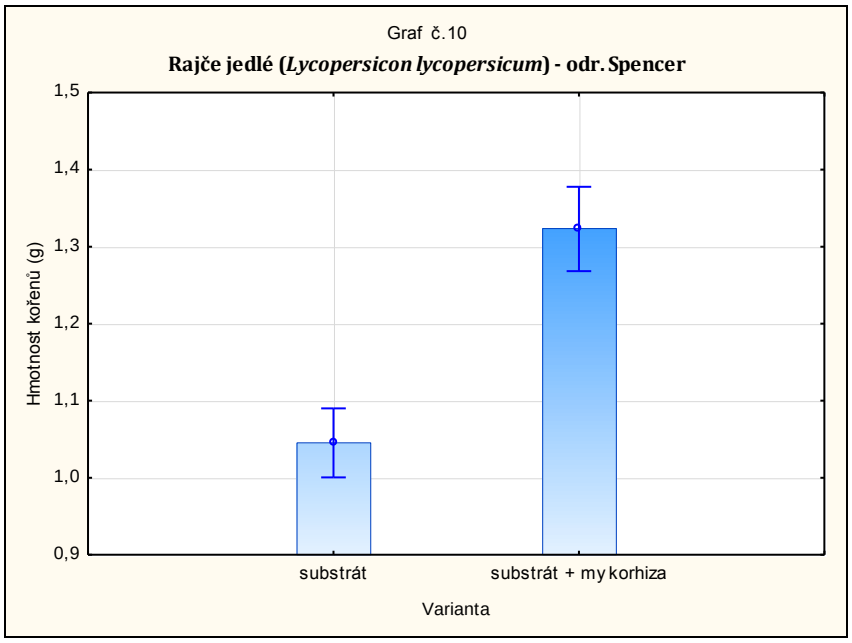
Tento sledovaný ukazatel vykazuje předpokládaný rozdíl mezi oběma variantami. Průměrná hmotnost nadzemní části rostlin z kontrolního vzorku činí dle statistického výpočtu 2,9 g a u druhé varianty byla zjištěna hodnota 4,2 g (*Graf č.9*).



Graf č.9 – Hmotnost nadzemní části rostlin

5. *Hmotnost kořenové části*

Stejně jako tomu bylo u papriky, ani zde neplatí předpoklad, že je-li kořenová soustava rostlin z kontrolního vzorku delší, než u rostlin s kolonizovanými kořeny, bude i průměrná hmotnost těchto kořenů větší. Průměrná hmotnost kořenů rostlin ze substrátu s mykorhizní houbou činí 1,32 g a u rostlin z kontrolního vzorku 1,04 g (*Graf č.10*).



Graf č.10 – Hmotnost kořenové části rostlin

6. Hodnocení úspěšnosti kolonizace kořenů

Postup tohoto vyhodnocení, stejně jako následné výpočty se zcela shodují s postupy uplatňovanými u papriky. Zjištěné hodnoty však byly rozdílné. Dle níže uvedeného výpočtu můžeme konstatovat, že procentuální úspěšnost kolonizace kořenů byla v tomto případě horší než u papriky.

$$\%\boldsymbol{C} = \frac{100\Sigma(+)}{\Sigma(+) + \Sigma(-)} = \frac{42500}{425 + 570} = \mathbf{42,7}\%$$

Mykorhizní kolonizace kořenů u rostlin ze substrátu s násadou těchto hub činila **42,7 %** a u rostlin z kontrolního vzorku vykázala úspěšnost **0%**.

5.1.3. Sadba Papriky roční (*Capsicum annuum*) - odr. Ornela

Ze zjištěných výsledků vyplívá, že množství aplikovaného přípravku s násadou mykorhizních hub není v přímé úměře s očekávanými kvalitativními ukazateli na připravované sadbě. V tomto případě poměr mísení 20 : 100 (mykorhizní přípravek : substrátu) způsobil oproti kontrolnímu vzorku negativní reakce.

V průběhu 14 dnů od vzejití rostlin byla prováděna měření na vzešlé sadbě (*Tabulka č.1 a 2*). Avšak již z uvedených fotografií je patrný rozdíl mezi oběma variantami (*Foto č.10 a 11*).

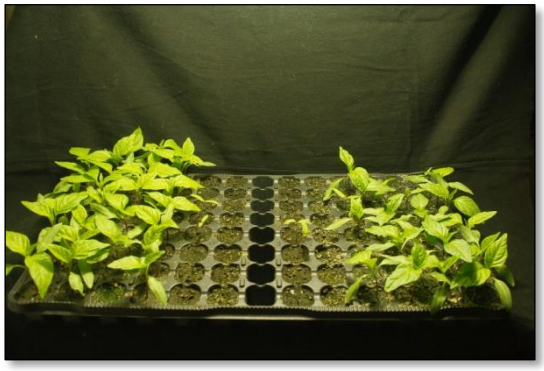


Foto č.10 – Vizualizace patrných rozdílů
(foto:Heinrich M.)

Foto č.11 – Průměrní zástupci obou variant
(foto:Heinrich M.)

	1 týden (od vzejití)																			
	Substrát										Substrát + mykorhiza									
Výška rostlin (mm)	27	26	19	16	23	21	22	22	30	28	21	28	16	22	12	10	18	11	23	29
	32	32	23	25	35	27	21	24	34	22	9	18	16	25	19	19	21	22	21	18
	24	19	32	19	32	21														

Tabulka č.1 – Výšky rostlin v 1 týdnu stáří

	2 týdny (od vzejití)																			
	Substrát										Substrát + mykorhiza									
Výška rostlin (mm)	41	40	42	39	48	43	44	42	36	37	11	34	34	27	36	31	18	20	25	32
	34	39	35	46	41	38	41	39	48	34	18	27	16	17	34	43	35	18	34	32
	45	43	36	38	36	31														

Tabulka č.2 – Výšky rostlin ve 2 týdnech stáří

5.1.4. Vizualizace kořenového systému

V průběhu tohoto experimentu se vyskytlo mnoho komplikací, které musely být postupně odstraněny. Jednalo se převážně o vlastní šířku komor se substrátem a o nutnost zabezpečit temné prostředí pro kořeny společně se světelným pro nadzemní části. V neposlední řadě se jednalo o komplikace s fotodokumentací.

I přesto se podařilo některé části zdokumentovat (*Foto č.12*), ale vzájemná konfrontace růstu mezi jednotlivými druhy substrátů byla neúčinná.

Foto č.12 – Vizualizace kořenové soustavy tykve
(foto:Heinrich M.)

5.2. PROCES KOMPOSTOVÁNÍ

Tento způsob kompostování malých zakládek (do $2m^3$) se mi již mnohokráte osvědčil, neboť častým a řízeným překopáváním lze docílit urychlení průběhu jednotlivých kompostovacích fází. Již během tří týdnů od založení lze vidět markantní změnu struktury zakládky, nicméně konečnou fázi zrání kompostu nelze nikterak ovlivnit a urychlit. Pro přesnou kontrolu průběhu pokusu byl využit kompostovací teploměr, kterým byla pravidelně kontrolována a evidována teplota (*Tabulka č.3*), (*Foto č.13 a 14).*

	Kompostování - průběh teplot								
	Dny (od založení kompostu)								
	3.	5.	7.	9.	11.	13.	15.	17.	19.
Teplota	66°C	68°C	65°C	60°C	54°C	51°C	45°C	42°C	37°C

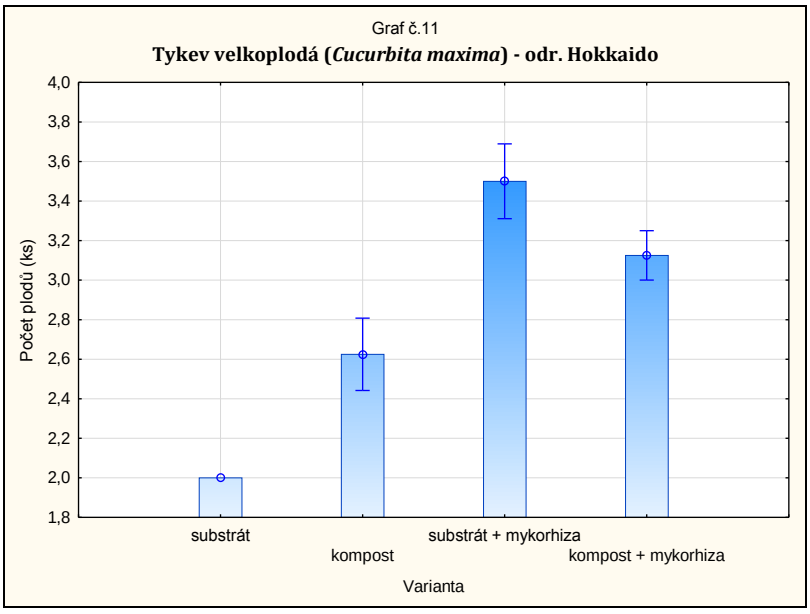
Tabulka č.3 – Průběh teplot uvnitř zakládky

Foto č.13 – Teplotní průběh–5.den
(foto:Heinrich M.)

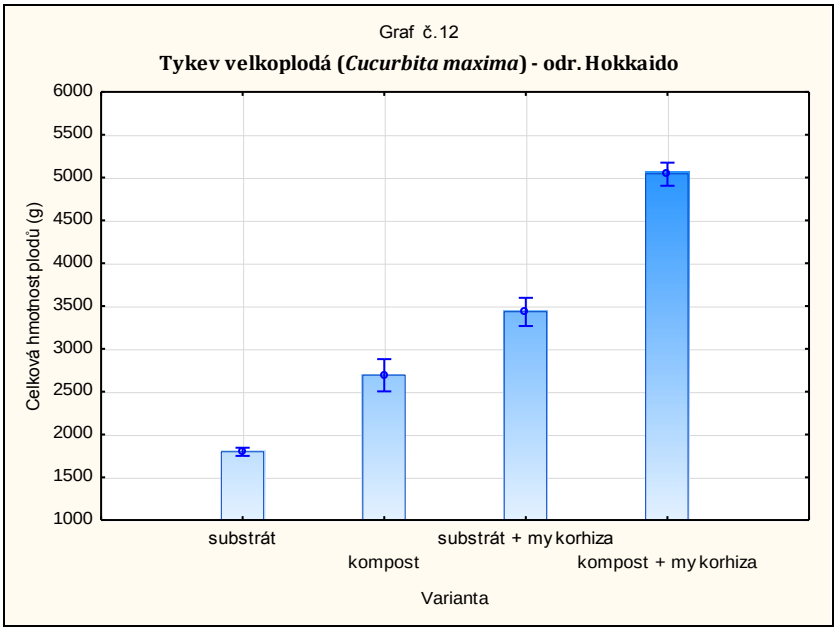
Foto č.14 – Teplotní průběh–17.den (struktura)
(foto:Heinrich M.)

5.3. APLIKACE MYKORHIZNÍCH HUB PŘI VÝSADBĚ

Vyhodnocení tohoto pokusu bylo oproti experimentům na sadbě rozšířeno o tři posuzované hodnoty. Sledovalo se tedy osm ukazatelů (délka rostliny, délka kořenů, průměr kořenového krčku, hmotnost nadzemní části, hmotnost kořenů, počet listů, počet plodů a celková hmotnost plodů). Poslední dvě uvedené proměnné jsou však důvodem, proč se zabýváme myšlenkou, zda-li nám může mykorhizní symbióza přinést praktický užitek. Z výsledků lze odvodit (*Graf č.11 a 12*), že mykorhiza aplikovaná při sadbě pozitivně ovlivnila konečný výnos. Varianta uplatnění směsi substrátu a násady mykorhizní houby přinesla průměrně více plodů (3,5 ks) než varianta směsi kompostu a inokula (3,1 ks), ale celková hmotnost získaných plodů je v této variantě příznivější (5039 g).

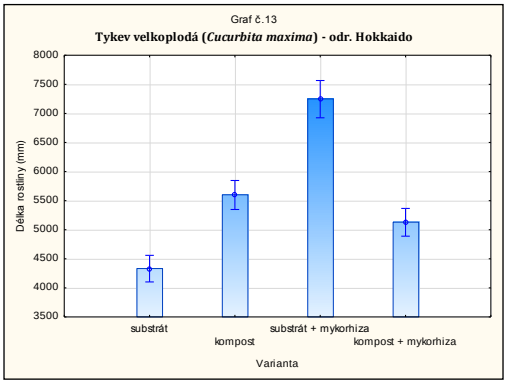


Graf č.11 – Počet plodů

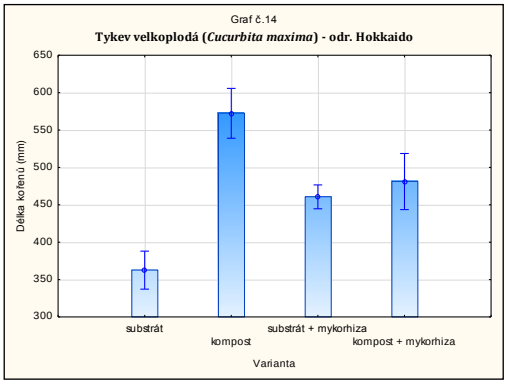


Graf č.12 – Celková hmotnost plodů

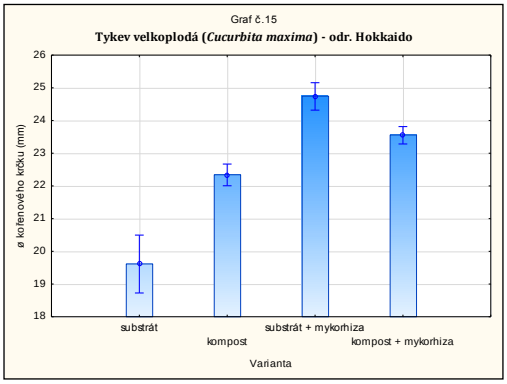
Při porovnávání dalších ukazatelů (*Graf č.13, č.14, č.15, č.16, č.17, č.18*) je patrné, že ve všech hodnotících parametrech se jako nejslabší jeví varianta sadby pouze do substrátu bez dalšího ošetření. Co je však zajímavé, že v téměř všech ukazatelích, krom výše zmíněného ukazatele celkové hmotnosti plodů (*Graf č.12*) má aplikace kompostu k rostlinám ošetřených násadou mykorhizních hub určité „brzdící“ účinky.



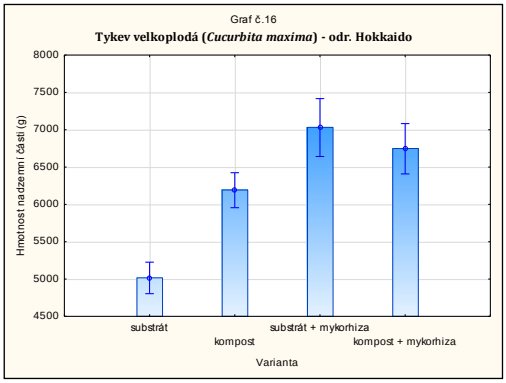
Graf č.13 – Délka rostliny



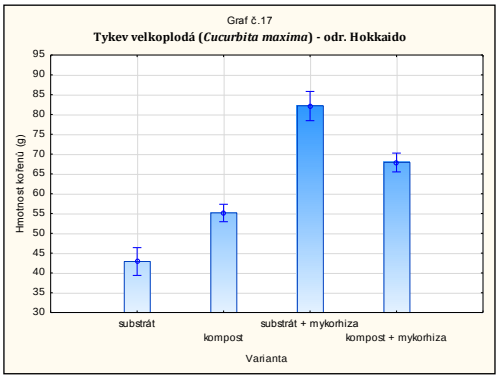
Graf č.14 – Délka kořenů



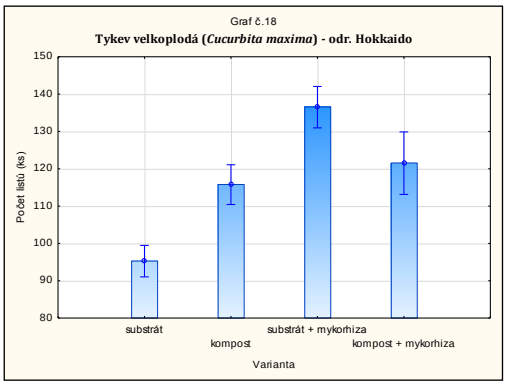
Graf č.15 – Průměr kořenového krčku



Graf č.16 – Hmotnost nadzemní části



Graf č.17 – Hmotnost kořenů



Graf č.18 – Počet listů

Foto č.15 – Sadba
(foto:Heinrich M.)

Foto č.16 – Hustota osázení
(foto:Heinrich M.)

Foto č.17 – Rostlina v plné síle
(foto:Heinrich M.)

Foto č.18 – Detail plodu
(foto:Heinrich M.

6. DISKUZE

Zkoumání vlivu mykorhizních hub na morfologické změny u předpěstované sadby konkrétního druhu zeleniny bylo hlavním cílem této práce. Jako vzoroví zástupci byli zvoleni Paprika roční (*Capsicum annuum*) a Rajče jedlé (*Lycopersicon lycopersicum*). Mezi parametry, které byly sledovány patřila výška nadzemní části rostlin, délka kořenů, průměr kořenového krčku, hmotnost nadzemní části a hmotnost kořenů. Vlastní vyhodnocení potom bylo formou vzájemné konfrontace mezi vzorky ošetřenými násadou mykorhizních hub a kontrolními vzorky bez této inokulace. Součástí experimentu byla rovněž aplikace mykorhizních hub při pěstování Tykve velkoplodé (*Cucurbita maxima*) v alternativních pěstitelských podmínkách.

Vycházelo se z pracovní hypotézy, že kolonizované kořeny hostitelských rostlin symbiotickou houbou způsobí morfologické změny hostitele a následně jeho užitkovou hodnotu.

V provedených a vyhodnocených pokusech byla tato hypotéza potvrzena. Ve všech případech, kdy došlo ke kolonizaci kořenů zvolených zástupců zeleniny, projevila se změna kvantitativního i kvalitativního charakteru jejich růstu.

Aby nedošlo k mylným závěrům, čím jsou tyto změny způsobeny, došlo u předpěstované a předem inokulované sadby k ověření, zda-li skutečně došlo ke kolonizaci kořenů hostitelských rostlin. V obou případech byla prokázána úspěšná kolonizace a to u Papriky roční (*Capsicum Annuum*) ve 48,6% a u Rajčete jedlého (*Lycopersicon lycopersicum*) ve 42,7%. S odkazem na tyto výsledky lze tedy s určitostí tvrdit, že úspěšná kolonizace má kladný vliv na morfologické změny rostliny. V případě alternativních podmínek pěstování Tykve velkoplodé (*Cucurbita maxima*) nebyla úspěšnost kolonizace kořenů prokazována. Parametrem s velkou váhou důležitosti v reálném pěstitelském prostředí je konečný výnos plodiny a jeho kvalita. V tomto ohledu byly rostliny u nichž došlo k aplikaci inokula symbiotických hub rovněž úspěšnější. Avšak vzhledem ke zvolenému způsobu pěstování, nelze s určitostí tvrdit, že právě tato inokulace byla hlavním spouštěcím mechanizmem následných změn.

Důvodem je mnoho proměnných, které vyplívají ze zvoleného způsobu pěstování na slámě.

Kladné výsledky u předpěstované sadby se shodují s podobně úspěšnými pokusy z jiných období a jiných autorů. Neznamená to však, že aplikace inokula symbiotických rostlin ve 100% zajistí úspěšnou kolonizaci a ještě v menší míře, že zajistí budoucí zvýšenou užitkovou hodnotu předpěstované sadby.

Na závěr je třeba položit si otázku, zda-li mají všechna tato zjištění v reálném pěstitelském prostředí praktická využití. Protože mykorhizní houby jsou součástí uceleného půdního ekosystému, který by měl za normálních podmínek pracovat samovolně a uceleně – tzn., že umělá inokulace ze strany člověka by neměla být nutná (výjimkou by mohla být revitalizace degradovaných půd). Praktické využití si dokáži představit na pozemcích malé rozlohy s šetrnými pěstitelskými postupy, nebo v případech ekologického a alternativního zemědělství. Nedaří se mi však nalést způsob využití zjištěných informací pro klasické polní pěstování. Dodávat neustále do půdy, která je degradovaná minerálními hnojivy, chemickými a některými agrotechnickými zásahy sadbu s kolonizací mykorhizních hub považuji za kontraproduktivní. Je to však pouze mé osobní stanovisko, nikterak nepodložené praktickými a konkrétními studiemi, které mohou vše vyvrátit.

Na závěr mohu konstatovat, že z pohledu této práce se podařilo potvrdit pracovní hypotézu o kladném vlivu mykorhizních hub na růstové parametry sadby u konkrétních druhů zelenin.

7. ZÁVĚR

Závěry této studie jsou v konečném důsledku pouze číselné údaje vyjadřující změnu, kterou jsou mykorhizní houby schopné provést s hostitelskou rostlinou. V tomto konkrétním případě nabývají čísla „kladných hodnot“. Co však číselné vyjádření těchto hodnot přesně skrývá nám není zcela známo.

Proto abychom pochopily, jak získané informace maximálně využít bude třeba neustálého opakování podobných experimentů a jejich neustále se zvyšující úroveň vyhodnocování.

Výsledky této konkrétní práce nám říkají, že dokážeme-li zabezpečit vzájemnou symbiózu mezi mykorhizní houbou a vyšší rostlinou, přinese nám to praktický význam, který je pouze potřeba pochopit, využít a zhodnotit.

Protože jsou mykorhizní houby součástí mnoha přirozených procesů je možné, že jejich budoucí využití nebude spojováno pouze s růstovými parametry hostitelských rostlin, nebo jejich konzumní užitkovostí.

V extrémním a opačném případě to může znamenat, že jednou budeme pěstovat rostliny, abychom měli užitek z jejich mykorhizních hub…

8. SOUHRN A RESUME

Název práce: ***Vliv mykorhizních hub na morfologické a růstové parametry zeleniny***

Úkolem experimentu bylo potvrdit, nebo vyvrátit pozitivní i negativní vliv mykorhizních hub na morfologické změny u vybraných zástupců zeleniny. Jeho hlavní část představovala ověřování těchto vlivů u sadby konkrétních zástupců a na ní navazovaly další vedlejší experimenty. Jako zástupci pro tento úkol byli vybráni Paprika roční (*Capsicum annuum*) a Rajče jedlé (*Lycopersicon lycopersicum*). Převážná část ověřování probíhala v prostorách Zahradnické fakulty Mendelovy univerzity v Brně.

Bylo zjištěno, že aplikací mykorhizních hub lze ovlivnit určité kvantitativní parametry u vybraných zástupců zeleniny.

Klíčová slova: mykorhiza, morfologie, kořenová soustava, kompost

Name of work: Influence of myccorhizal fungus on morphological and growth parameters of vegetables

The task of the experiment was to confirm or reverse the positive and negative effects of mycorrhizal fungus on morphological changes in selected vegetable representatives. Its main part consisted of verification of these influences in the plant of concrete representatives, and other secondary experiments followed. Representatives for this task were Paprika Annual (Capsicum annuum) and Tomato Plant (Lycopersicon lycopersicum). The bulk of the verification took place at the Faculty of Horticulture at Mendel University in Brno.

It has been found that the application of mycorrhizal fungus can influence certain quantitative parameters of selected vegetable representatives.

Key words: mycorrhiza, morphology, root system, compost

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ALTMANN, V., a kol., *Technika pro zpracování komunálního odpadu: vědecká monografie*, 1. vydání, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010, 120 s. ISBN 978-80-213-2022-2.

BARTHA, Richard, 1984. Mycorrhizal symbiosis. *Soil Science* [online]. third. B.m.: Elsevier Inc., 3., roč. 137, č. 3, s. 204 [vid. 1. červenec 2014]. ISSN 0038-075X. Dostupné z: doi:10.1097/00010694-198403000-00011

FAGHIRE, M, S SAMRI, A MEDDICH, M. BASLAM, N. GOICOECHEA a A. QADDOURY, 2010. Positive effects of arbuscular mycorrhizal fungi on biomass production, nutrient status and water relations in date palm seedlings under water deficiency. *Acta Horticulturae* [online]. 12., č. 882, s. 833–838 [vid. 31. červenec 2014]. ISSN 0567-7572. Dostupné z: doi:10.17660/ActaHortic.

GRYNDLER, Milan, Milan BALÁŽ, Hana HRŠELOVÁ, Jan JANSA a Miroslav VOSÁTKA, 2004. *Mykorhizní symbióza - O soužití hub s kořeny rostlin* [online]. 1. vyd. Praha: Academia [vid. 6. květen 2015]. ISBN 80-200-1240-0. Dostupné z: http://knihy.abz.cz/prodej/mykorhizni-symbioza

JAVORSKÝ, P., F. KREČMER a J UHNÁK, 1987. *Chemické roz- bory v zemědělských laboratořích, II. [Chemical Analysis in Agricultural Laboratories, II.]* [online]. České Budějovice: Czech Ministry of Agriculture [vid. 29. listopad 2015]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz /af_221_multitext/laborator/ index.php? N=7&I 0

KARAGIANNIDIS, Nikitas, Fotios BLETSOS a Nikolaos STAVROPOULOS, 2002. Effect of Verticillium wilt (Verticillium dahliae Kleb.) and mycorrhiza (Glomus mosseae) on root colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant seedlings. *Scientia Horticulturae* [online]. 5., roč. 94, č. 1-2, s. 145–156 [vid. 28. červen 2015]. ISSN 03044238. Dostupné z: doi:10.1016/S0304-4238(01)00336-3

KOMPOSTUJ. *Proč třídit odpad*. [online]. 2011-03.15. [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.kompostuj.cz/vime-proc/proc-tridit-bioodpad/

KOIDE, R T a B MOSSE, 2004. A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza* [online]. roč. 14, č. 3, s. 145–163. ISSN 0940-6360. Dostupné z: doi:10.1007/s00572-004-0307-4

MAKUS, DJ, 2004. Mycorrhizal inoculation of tomato and onion transplants improves earliness. *Acta Horticulturae* [online]. B.m.: International Society for Horticultural Science - ISHS, 3., č. 631, s. 275–281 [vid. 31. červenec 2014]. ISSN 0567-7572. Dostupné z: doi:10.17660/ActaHortic.2004.631.34

MIRANSARI, M., H.a. BAHRAMI, F. REJALI a M.J. MALAKOUTI, 2009. *Effects of soil compaction and arbuscular mycorrhiza on corn (Zea mays L.) nutrient uptake* [online]. květen 2009. [vid. 30. červen 2014]. Dostupné z: doi:10.1016/j.still.2008.10.015

MOSSE, B., D. S. HAYMAN a D. J. ARNOLD, 1973. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza v. Phosphate uptake by three plant species from p-deficient soils labelled with 32p. *New Phytologist* [online]. roč. 72, č. 4, s. 809–815 [vid. 6. květen 2015]. ISSN 0028-646X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-8137.1973.tb02056.x

MORAVOSEED.CZ, 2015. *Sortiment Paprika roční a Rajče* [online] [vid. 1. červen 2015]. Dostupné z: http://www.moravoseed.cz/

PETŘÍKOVÁ, Kristína a Jaroslav HLUŠEK, 2012. *Zelenina - pěstování, výživa, ochrana a ekonomika*. 1. vydání. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-50-2

PLÍVA, P., a kolektiv, *Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu*, 1. vydání, VUZT Praha, 2006, strana 65, ISBN 80 – 86884 – 11– 2.

POKLUDA, Robert a František KOBZA, 2011. *Skleníky, fóliovníky, využití a pěstební technologie*. 1. vydání. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-46-5.

SMITH, Sally, 2001. Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function. *Soil Biology and Biochemistry* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 9., roč. 33,

č. 11, s. 1575–1576 [vid. 6. říjen 2014]. ISSN 00380717. Dostupné z: doi:10.1016/S0038-0717(01)00097-9

SMITH, Sally E. a David READ, 2008. Mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry. In: *Mycorrhizal Symbiosis* [online]. B.m.: Elsevier, s. 611–XVIII. ISBN 9780123705266. Dostupné z: doi:10.1016/B978-012370526-6.50019-2

SMITH, Sally E. a David J READ, 1997. *Mycorrhizal symbiosis* [online]. second. B.m.: Elsevier [vid. 30. červen 2014]. ISBN 9780126528404. Dostupné z: doi:10.1016/B978-012370526-6.50019-2

SYMBIOM.CZ, 2015. *Symbiom - Dávkování přípravků* [online]. Dostupné z: http://www.symbiom.cz/davkovani

ŠEFLOVÁ, J. *Odborné kapitoly k nakládání z biologicky rozložitelnými komunálními odpady*. Ireas. Institut pro strukturální politiku, o.p.s. Praha 2010. 116 s. ISBN 978-80-86684-60-4.

VÁŇA, J. *Kompostování bioodpadu*. Biom.cz [online]. 2001-11-21 [cit. 2014-06-08]. Dostupné z WWW: . ISSN: 1801-2655.

VARMA, Ajit a Amit C. KHARKWAL, 2009. *Symbiotic Fungi* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Soil Biology [vid. 31. červenec 2014]. ISBN 978-3-540-95893-2. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-540-95894-9

ZBÍRAL, Jiří a KOLEKTIV, 2005. *Analýza rostlinného materiálu : jednotné pracovní postupy* [online]. 2. vyd. Brno: Brno : Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský [vid. 3. květen 2016]. ISBN 80-86548-73-2. Dostupné z: https://katalog.mendelu.cz/documents/103194?locale=cs

VIERHEILIG, H, Ap COUGHLAN, U WYSS a Y PICHE, 1998. Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. *Applied and environmental microbiology* [online]. 12., roč. 64, č. 12, s. 5004–7. ISSN 1098-5336. Dostupné z: http://www.pubmedcentral.nih.gov /articlerender.fcgi? artid= 90956&tool =pmcentrez&rendertype=abstract

VOSÁTKA, Miroslav a Milan GRYNDLER, 1999. Treatment with culture fractions from Pseudomonas putida modifies the development of Glomus fistulosum mycorrhiza and the response of potato and maize plants to inoculation. *Applied Soil Ecology* [online]. 2., roč. 11, č. 2-3, s. 245–251 [vid. 3. září 2015]. ISSN 09291393. Dostupné z: doi:10.1016/S0929-1393(98)00151-6

WANG, Shuguang, Zhaozhong FENG, Xiaoke WANG a Wenliang GONG, 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi alter the response of growth and nutrient uptake of snap bean (Phaseolus vulgaris L.) to O3. *Journal of Environmental Sciences* [online]. 6., roč. 23, č. 6, s. 968–974 [vid. 3. srpen 2015]. ISSN 10010742. Dostupné z: doi:10.1016/S1001-0742(10)60503-7

ZEMÁNEK, Pavel, 2010. *Biologicky rozložitelné odpady a jejich kompostování,* 1. vydání. VÚZT, ISBN 978-80-86884-52-3

ZEMÁNEK, Pavel, *Speciální mechanizace: mechanizační prostředky pro kompostování*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-715-7561-5.