

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin



**Srovnání kolonizace kořenů rhizosférními
mikroorganismy v konvenčně a ekologicky ošetřovaných
vinohradech**

Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Ivan Tůma, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Kateřina Millerová

Brno 2015

ČESTNÉ PROHLÁŠNÍ

Prohlašuji, že jsem práci: Srovnání kolonizace kořenů rhizosférními mikroorganismy v konvenčně a ekologicky ošetřovaných vinohradech vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

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

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

V Brně dne: 29. 4. 2015

.....
podpis



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Kateřina Millerová**
Studijní program: Rostlinolékařství
Obor: Rostlinolékařství
Název tématu: **Srovnání kolonizace kořenů rhizosféry mikroorganismy v konvenčně a ekologicky ošetřovaných vinných sadech**
Rozsah práce: 50 stran

Zásady pro vypracování:

1. Prostudovat dostupnou literaturu, týkající se dané problematiky včetně interakcí rhizosféry mikroorganismů a vybraných rostlin a zpracovat ji formou literárního přehledu.
2. Na základě literární rešerše vyslovit pracovní hypotézu o vlivu různých typů obhospodařování agroekosystému na množství a přítomnost určitých fyziologických skupin rhizosféry mikroorganismů.
3. Vyhodnotit terénní odběry půdních monolitů z hlediska srovnání prevalence mikroorganismů v rhizosféře a kolonizace kořenů ve vinných sadech s vybraným typem ošetřování.
4. Pokusit se o zobecňující závěr, či doporučení dle toho, zda výsledky potvrdí či vyvrátí vyslovenou hypotézu.

Seznam odborné literatury:

1. LEMANCEAU, P. – HINSINGER, P. – DESSAUX, Y. *Rhizosphere: Achievements and challenges*. Germany: Springer, 2010. 535 s. ISBN 978-90-481-2857-0.
2. CARDON, Z. G. – WHITBECK, J. L. *The rhizosphere : an ecological perspective*. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2007. 212 s. ISBN 978-0-12-088775-0.
3. REJŠEK, K. – GRYNLER, M. – MIKO, L. – ŠANTRŮČKOVÁ, H. Život v půdě 1. *Vesmír*. 2006. č. 4, s. 212–219. ISSN 0042-4544.
4. PAUL, E. A. *Soil microbiology, ecology, and biochemistry*. 3. vyd. Amsterdam: Academic Press, 2007. 532 s. ISBN 978-0-12546807-7.
5. MIKO, L. – ŠANTRŮČKOVÁ, H. – GRYNLER, M. – REJŠEK, K. Život v půdě 2. *Vesmír*. 2006. č. 5, s. 284–290. ISSN 0042-4544.
6. ZÁHORA, J. – STROBLOVÁ, M. *Život v půdě VIII*. Brno: MZLU v Brně, 2007. 260 s. ISBN 978-80-7375-134-0.

Datum zadání diplomové práce: duben 2015

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2015

L. S.


Bc. Kateřina Millerová
Autorka práce


Ing. Petr Škarpa, Ph.D.
Vedoucí ústavu




Ing. Ivan Tůma, Ph.D.
Vedoucí práce


doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu Ing. Ivanu Tůmovi Ph.D. za odborný dohled při sepsání diplomové práce a metodickou výpomoc. Za odborné konzultace rovněž děkuji Mgr. Jakubu Kulhánkovi.

ABSTRAKT

V rámci diplomové práce byla shromážděna a prostudována literatura k tématu srovnání kolonizace kořenů rhizosférními mikroorganismy v konvenčně a ekologicky ošetřovaných vinohradech. Byly odebrány a vyhodnoceny půdní vzorky a části kořenů révy z vinohradu vinařství Gotberg a vinice Kacířky. Vzorky posloužily ke zjištění intenzity kolonizace kořenů arbuskulárními mykorhizními houbami a stanovení počtu mikroorganismů vybraných fyziologických skupin v půdě. Výskyt arbuskulární mykorhizy byl pozorován pod elektrickým světelným mikroskopem a procentuálně vyjádřen. Pro extrakci mikroorganismů z prostředí byla použita zředovací metoda s následným roztěrem na agarovou misku s vhodným médiem. Výsledky poukazují na vyšší míru kolonizace arbuskulárními mykorhizními houbami v konvenčně obhospodařovaném vinohradu, avšak přítomnost půdních mikroorganismů, např. celkový počet mikroorganismů, byl vyšší v biovinici.

Klíčová slova: mikroorganismy, mykorhiza, ekologický, konvenční, vinohrad

ABSTRACT

In the diploma thesis the literature dealing with the comparison of root colonization by rhizosphere microorganism in the conventionally and ecologically treated vineyards was collected and studied. The soil samples and the parts of the vine roots from the vineyard of the wine growing Gotberg and vineyard Kačírky were taken and analyzed. These samples were used for the survey of root colonization intensity by arbuscular mycorrhizal fungi and they were also used for determination of the microorganism quantity of the selected physiological groups in the soil. The occurrence of the arbuscular mycorrhiza was studied under an electric light microscope and the result was expressed as a percentage. To extract the microorganisms from the environment the dilution method with the subsequent smear onto agar plates with a suitable medium was used. The results show the higher colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in the conventionally cultivated vineyard. However, the occurrence of the soil microorganism, for example, the total amount of microorganisms was in the bio vineyard higher.

Key words: microorganisms, mycorrhiza, ecological, conventional, vineyard

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	CÍL PRÁCE	11
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
3.1	RHIZOSFÉRA.....	12
3.1.1	Kořenové exudáty	13
3.1.2	Kolonizace kořenů	13
3.1.3	Rhizosférní efekt (Rhizosphere / Soileffect) R / S	13
3.1.4	Role rhizosférních mikroorganismů ve výživě rostlin.....	14
3.2	KOLOBĚHY LÁTEK	14
3.2.1	Koloběh uhlíku	15
3.2.2	Koloběh dusíku	17
3.2.3	Koloběh síry.....	18
3.2.4	Koloběh fosforu	19
3.3	INTERAKCE MEZI KOŘENY ROSTLIN A PŮDNÍMI ORGANISMY	20
3.4	BAKTERIE.....	21
3.4.1	Ekologie půdních bakterií.....	22
3.4.2	Význam užitečných půdních bakterií pro rostlinu a půdu	23
3.4.3	Rhizosférní bakterie	23
3.4.4	Diazotrofní bakterie	24
3.4.5	Antagonistické bakterie	25
3.4.6	Aktinomycety (<i>Actinomycetes</i>).....	25
3.5	ZÁSTUPCI RHIZOSFÉRNÍ MIKROFLÓRY	25
3.6	HOUBY	26
3.7	MYKORHIZNÍ SYMBIÓZA.....	26
3.7.1	Typy mykorhiz.....	28
3.7.2	Ektomykorhiza.....	28
3.7.3	Endomykorhiza	29
3.7.4	Přechodné typy mykorhiz	33
3.7.5	Ektendomykorhiza	33
3.7.6	Mykorhiza ve vinohradnictví.....	34
3.8	KONVENČNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ	34
3.8.1	Konvenční systém ošetřování vinic	34

3.8.2	Konvenční vinohradnictví.....	35
3.9	INTEGROVANÁ ZEMĚDĚLSKÁ PRODUKCE	35
3.9.1	Integrovaná produkce ve vinohradnictví	35
3.9.2	Péče o půdu ve vinici	37
3.10	EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ	37
3.10.1	Ekologické vinohradnictví.....	38
3.10.2	Péče o půdu ve vinici	38
3.11	RÉVA VINNÁ.....	41
3.11.1	Ekologické podmínky	42
3.11.2	Kořenový systém révy vinné	43
4	MATERIÁL A METODIKA	44
4.1	Popis lokality	44
4.1.1	Viniční trať Panenský kopec.....	44
4.1.2	Viniční trať Kacířky.....	45
4.2	Odběr vzorků	46
4.3	Zpracování vzorků	47
4.3.1	Stanovení intenzity kolonizace mykorhizními houbami	47
4.3.2	Postup barvení kořenů pro stanovení mykorhizní kolonizace	48
4.3.3	Stanovení počtu mikroorganismů jednotlivých fyziologických skupin	49
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	52
5.1	Stanovení počtu mikroorganismů jednotlivých fyziologických skupin	52
5.2	Stanovení intenzity kolonizace mykorhizními houbami	57
6	ZÁVĚR	65
7	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	66
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	74
9	SEZNAM TABULEK.....	75

1 ÚVOD

Biosféra je přirozené prostředí v němž žijí organismy. Ačkoli většina vyšších organismů obývá jen rozhraní mezi zemí a atmosférou, mikroorganismy se nacházejí v celé biosféře. Hustota i druhová diverzita je v jednotlivých vrstvách biosféry různá, největší aktivita mikroorganismů je soustředěna do vrstvy široké asi 10 km. Mikroedafon hraje v půdě významnou roli jak po kvalitativní a kvantitativní stránce, tak i z hlediska přímého vlivu na formování struktury půd, tedy z hlediska funkčnosti (MALACHOVÁ, 2004). Z půdní mrtvé organické hmoty, která je bohatým zdrojem energie a živin, se snaží čerpat velká většina heterotrofních půdních bakterií, aktinomycet a hub. Biochemické schopnosti této půdní mikroflóry jsou ve srovnání s vyššími organizmy naprosto fantastické. Půdní bakterie využívají nejrůznější formy půdní organické hmoty a vytvářejí společenstva, v nichž biochemické schopnosti jednotlivých druhů na sebe funkčně navazují. Abiotické faktory mohou role bakterií poněkud potlačit (např. snížení vlhkosti nebo pH), a v tom případě se začínají více uplatňovat houby. Houbový a bakteriální kanál, kterými uhlíkaté látky a energie v půdě plynou, vytváří dvě ústřední cesty rozkladu organické hmoty. Bude-li se více uplatňovat jeden, či druhý z kanálů, o tom rozhodují často „maličkosti“, např. jestli je či není půdní profil mechanicky rozrušován. Poměrně nevině jeví se změna obdělávání půdy může ve svém výsledku znamenat zcela rozdílný vývoj daného půdního ekosystému (MIKO et al., 2006). Mikrobní společenstva závisí tedy na způsobu obhospodařování a na druhu pěstované rostliny, ale tyto zase zpětně ovlivňují růst rostlin i stav půdy. Toto se týká i porostů révy vinné, s různým způsobem ošetřování, které mohou zásadně ovlivňovat stav půdní bioty.

2 CÍL PRÁCE

- a) Prostudovat dostupnou literaturu, která se zabývá danou problematikou včetně interakcí rhizosférních mikroorganismů a vybraných rostlin a zpracovat ji formou literárního přehledu.
- b) Na základě literární rešerše vyslovit pracovní hypotézu o vlivu různých typů obhospodařování agroekosystému na množství a výskyt určitých fyziologických skupin rhizosférních mikroorganismů.
- c) Vyhodnotit půdní vzorky a části kořenů révy z terénních odběrů z hlediska srovnání přítomnosti mikroorganismů v rhizosféře a kolonizace kořenů ve vinohradech s vybraným typem ošetřování.
- d) Pokusit se o zobecňující závěr nebo doporučení dle toho, zda výsledky potvrdí či vyvrátí vyslovenou hypotézu.

Na základě prostudované literatury, lze stanovit hypotézu, že v ekologicky obhospodařovaném vinohradu je předpokládán výraznější výskyt půdních mikroorganismů a intenzivnější kolonizace kořenů révy vinné arbuskulární mykorhizou.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Mikrobiální společenstva jsou tvořena smíšenými populacemi různých druhů mikroorganismů. Pro heterogenní společenstvo je zásadní, aby interakce s prostředím a mezidruhové vztahy vedly k vytvoření biotické rovnováhy. Společenstvo je ve stavu homeostázy, vyznačuje – li se určitým stupněm integrity, stability a má schopnost odolávat biotickým a abiotickým tlakům. Tento stav je důležitý k udržení charakteru společenstva i při pronikání cizorodých organismů do ekosystému či při změnách prostředí. Příklad působení homeostické regulace je schopnost půdního mikrobiálního společenstva redukovat nebo vyloučit přítomnost cizorodých (např. patogenních) druhů. Hmotnost mikroorganismů v kvalitní ornici může být až 5000 kg/ha (MALACHOVÁ, 2004).

Živé organismy jsou nenahraditelné pro širokou škálu procesů probíhajících v půdě a bezesporu se podílejí na vzniku a vývoji úrodnosti půdy. Jsou reprezentovány organismy vyvolávající svými životními pochody biochemické a biofyzikální půdní procesy. Jsou proto důležité jejich biologické vlastnosti a půdní mikroorganismy samotné (POKORNÝ, et al., 2007).

3.1 RHIZOSFÉRA

Jak pro kořeny rostlin, tak pro houby, které vytvářejí s kořeny mykorhizu, je životním prostředím půda. Nachází se zde ohromné množství půdních mikroorganismů, které je soustředěno především do oblasti rhizosféry (MEJSTRŤÍK, 1988). Počty hub v této vrstvě až desetkrát převyšují počty hub ve vzdálenější zemině. Absence rhizosférických mikroorganismů může mít negativní vliv na úrodu (KOVÁŘ, 1999). Toto dynamické, komplexní rozhraní je hlavní místo mikrobiální aktivity (LEMANCEAU et al., 2010).

Rhizosféra je tenká vrstva půdy přiléhající ke kořenům rostlin. Procesy v rhizosféře jsou vymezovány interakcí rostliny, půdy a půdních mikroorganismů. Jde o souhrn vzájemně propojených jednotlivých reakcí. Poměry v rhizosféře rostlin jsou v mnoha směrech rozdílné od poměrů ve větších vzdálenostech od kořene rostlin, v tzv. volné půdě. Kořeny rostlin působí jako zásobníky minerálních živin transportovaných do nadzemní části rostlin hmotnostním tokem a difúzí, avšak taky přijímají vodu nebo ionty. Tento proces vede ke snižování obsahu či naopak hromadění iontů. Kořeny taktéž vylučují H^+ nebo $(HCO_3)^-$ a CO_2 , jenž vyvolávají změny pH. Redoxní potenciál se mění přijímáním

nebo uvolňováním O₂. Rhizosféru charakterizují gradienty koncentrací a jiných fyzikálních veličin vznikající v radiální i podélné ose kořene rostliny. Gradienty jsou určovány druhem rostliny, stavem výživy, aktivitou mikroorganismů v rhizosféře a v neposlední řadě chemickými a fyzikálními půdními vlastnostmi (BALÍK et al., 2008).

3.1.1 Kořenové exudáty

V rhizosférní půdě jsou zdrojem energie pro mikroorganismy především, produkty autolýzy epidermálních a kortexových buněk, kořenové exudáty. Tyto nízkomolekulární a vysokomolekulární rozpuštěné látky jsou uvolňovány nebo vylučovány kořeny rostlin. Nejpodstatnějšími složkami nízkomolekulárních exudátů jsou organické kyseliny, fenoly, cukry a aminokyseliny, z vysokomolekulárních frakcí to jsou vrstva slizu na kořenové špičce (mucilage) a ektoenzymy. Výsledkem je selekce a kumulace určitých skupin mikroorganismů v blízkosti kořenů. Proto se mikrobiální společenství povrchu kořenů a rhizosféry liší od mikrobiálních společenstev volné půdy. Odlišují se množstvím jednotlivých mikroorganismů a metabolickou aktivitou (PETR, DLOUHÝ, 1992 a BALÍK et al. 2008).

3.1.2 Kolonizace kořenů

Hustota populace mikroorganismů, zejména bakterií, je o mnoho vyšší v rhizosféře, než-live volné půdě a to proto, že kořeny jsou zdrojem organického uhlíku. Obecně platí, že všechny okolnosti, které mají vliv na získávání organického uhlíku, vykazují obdobný dopad na hustotu populace mikroorganismů v přilehlé vrstvě půdy k povrchu kořene (rhizoplane) a v rhizosféře. Kolonizace kořenů neinfikujícími mikrobiálními organismy není fixována na vrstvu půdy, která přiléhá k povrchu kořene, ale probíhá do různé míry také v apoplazmě kortexu (KLOEPPER et al., 1992).

3.1.3 Rhizosférní efekt (Rhizosphere / Soileffect) R / S

Relativní vzestup počtu mikroorganismů se udává jako poměr R / S a vyjadřuje rozdíl v osídlení rhizosféry a volné půdy, kde R značí počet mikroorganismů v 1 g půdy rhizosféry a S je počet mikroorganismů v 1 g volné půdy. Poměr R / S závisí na stáří rostliny, stavu živin a druhu rostliny a nabývá hodnot od 5 do 50 (KLOEPPER et al., 1992).

Rhizosféra je ovlivněna kořenovým výměškem, který obsahuje velké množství organických látek využívané půdními mikroorganismy. Mikroorganismy se množí a mění fyzikální a chemické parametry prostředí ve svém blízkém prostředí. Výsledkem tohoto jevu je podstatné zvýšení počtu mikroorganismů, jejich aktivity a biomasy, ale i změna rozpustnosti některých minerálních živin, které jsou dostupnější pro rostlinu (GRYNDLER, 2000).

3.1.4 Role rhizosférních mikroorganismů ve výživě rostlin

Nejen počet mikroorganismů (hub, bakterií) je pro růst, fyziologii kořenů a dynamičnost živin v rhizosféře velmi důležitý, ale také o jaký typ (druh, kmen) mikroorganismů se jedná a jaké jsou jeho fyziologické vlastnosti (BALÍK et al., 2008).

Obecně platí, že rhizosférní mikroorganismy ovlivňují akvizici fosforu, draslíku a v určité míře také dusíku z půdy působením na fyziologii a morfologii kořene. Význam diazotrofních bakterií pro výživu dusíkem záleží na dostupnosti dusíku v půdě a na rostlinném druhu, kdy při vysokém přísunu dusíku se jejich vliv na akvizici živin kořene uplatňuje nepřímo pomocí změn kořenového růstu. Tyto mikroorganismy zvyšují rychlost obratu organického uhlíku, fosforu a dusíku, čímž recyklují živiny organicky vázané (BALÍK et al., 2008).

3.2 KOLOBĚHY LÁTEK

Rostliny přijímají základní živiny (C, N, P a S) ve formě anorganických iontů, které jsou zabudovány do biomasy. Cyklus uhlíku, dusíku a síry se odlišuje od cyklu fosforu tím, že do koloběhu mohou vstupovat prvky v plynné formě z atmosféry a jsou přeměňovány na roztoky a pevné látky. Každá transformace je vázána na obsah O₂ nebo redox podmínky prostředí, z toho vyplývá, že koloběhy uhlíku, dusíku a síry jsou vázány na gradient O₂ (redox potenciál). Biomasa, která je autotrofními organismy vytvořena, je zdrojem živin a potravy pro heterotrofní organismy. Po smrti organismy podléhají dalším přeměnám. Organická hmota musí být zmineralizována na anorganické látky v cyklu různě obtížných přeměn a to proto, aby se živiny vázané v organické hmotě uvolnily zpět do koloběhu a zpřístupnily pro rostliny. Rychlost přeměn závisí na aktivitě rostlin, živočichů a mikroorganismů, většina přeměn probíhá v půdě. Role mikroorganismů při koloběžích prvků a energie jsou tedy zásadní a najdeme je na konci koloběhů (dekompozice

organických látek) a zároveň na začátku kdy zpřístupňují rozkladem uvolněné živiny autotrofním organismům (především zeleným rostlinám). Procesy mineralizace a asimilace (imobilizace) probíhají v koloběžích všech prvků. Jejich rychlost je závislá na podmínkách prostředí, na vlhkosti, teplotě, pH, vegetačním krytu a na způsobu obhospodařování půd (RAJCHARD et al., 2002).

3.2.1 Koloběh uhlíku

Uhlík, který je základní stavební prvek všech organických látek, má nenahraditelné postavení v metabolismu. Každý organismus potřebuje přijímat uhlík, aby si mohl syntetizovat organické látky, které tvoří jeho tělo. Mikroorganismy mají schopnost využívat řadu zdrojů uhlíku pro syntézu složitých organických látek. Jde o anorganické (CO₂) a organické formy uhlíku. Podle složitosti využívání uhlíkových zdrojů se mikroorganismy dělí na autotrofní, kterým stačí jednoduché zdroje uhlíku a heterotrofní, které nejsou schopny vycházet při syntézách z nejjednodušších forem uhlíku a musí přijímat složitější organické látky jako zdroj uhlíku (TRÖGL, 2008). 1 kg půdy průměrně obsahuje 25 000 mg uhlíku (ŠIMEK, 2003). Hlavním vstupem organického uhlíku do půdy je primární produkce a klíčovým procesem koloběhu uhlíku je fotosyntéza. Další vstupy jsou následkem činnosti člověka a jsou tvořeny aromatickými uhlovodíky vznikající při spalovacích procesech anebo mohou být obsaženy v průmyslových produktech (např. pesticidy) (RAJCHARD et al., 2002).

Půda je významným úložištěm energie, která je vázaná na uhlík organických látek a zároveň je největší zásobárnou a zdrojem uhlíku v suchozemském ekosystému. V půdě se nachází vyšší množství organického uhlíku než celkové množství ve vzdušném oxidu uhličitém, který se v globálním měřítku účastní na skleníkovém efektu (MIKO et al, 2006). Zdrojem uhlíku jsou v půdě různé zbytky odumřelých organismů, kdy půdní mikroflóra má za úkol jejich částečný nebo úplný rozklad mineralizací.

Jak uvádí Badalíková (2012), půdní mikroorganismy utišují své energetické a nutriční potřeby rozkladem organických látek, které jsou v půdním prostředí přítomné. Dosažení stabilní mikrobiální aktivity tak závisí na dodání organických látek. Populace mikroorganismů je zajisté závislá na mnoha dalších faktorech, např.:

- termín odběru
- počet odebíraných vzorků,

- plocha a hloubka odběru,
- vliv terénu,
- vliv stanoviště.

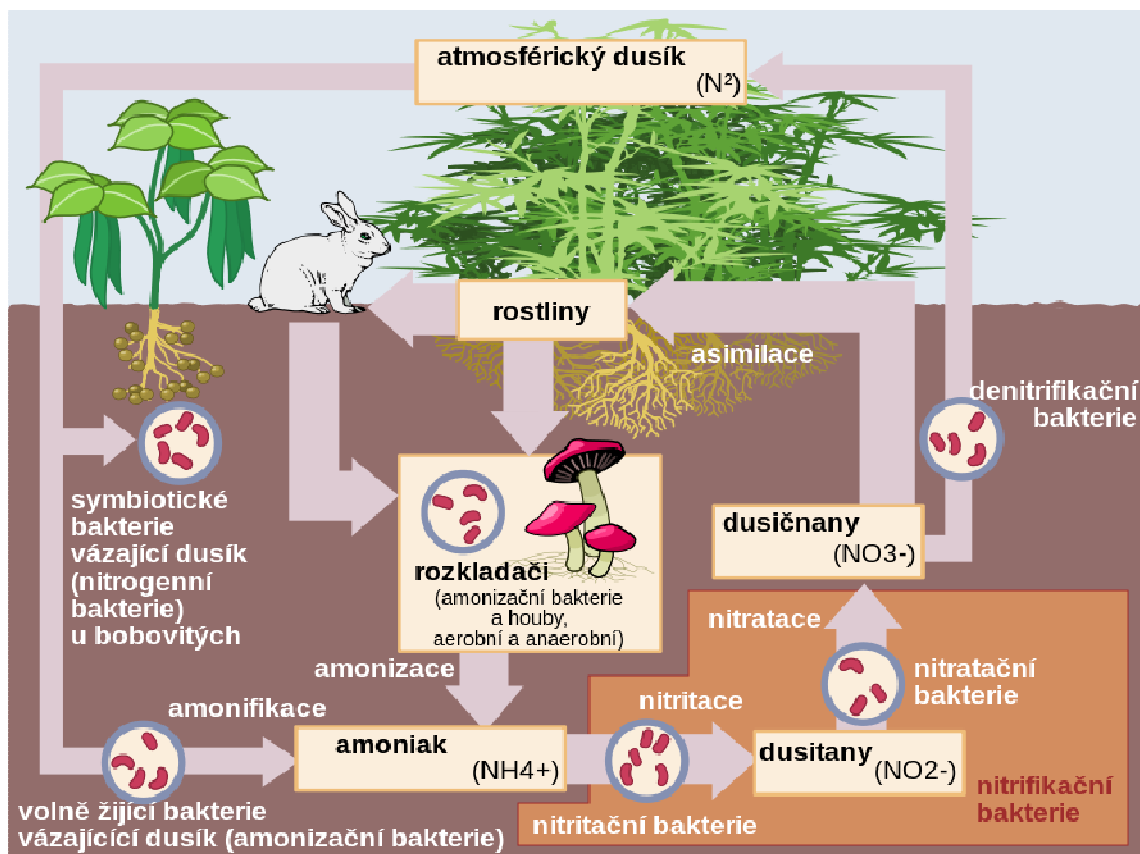
Mnoho faktorů z okolního prostředí může aktivitu mikroorganismů stimulovat či inhibovat. Na všech těchto podmínkách ve velké míře závisí mikrobiální aktivita, druhová diverzita a celkové množství mikroorganismů v půdě.

Rozklad celulózy je nejvýznamnějším biochemickým procesem koloběhu uhlíku. Celulóza, která ze 40-70 % tvoří odumřelou rostlinnou hmotu, je obtížně rozložitelný lineární polysacharid a je součástí buněčných stěn buněk. Právě houby a bakterie štěpí hydrolytickými enzymy polysacharidy na jednodušší molekuly a CO_2 (MALACHOVÁ, 2004). Probíhá-li rozklad organické hmoty v aerobních podmínkách, pak organismy získávají energii v procesech aerobní respirace. Ve většině případů aerobní mikroorganismy přeměňují zkonsumovaný substrát na buněčné komponenty, CO_2 a vodu. Naopak při anaerobních podmínkách získávají bakterie energii v procesech anaerobní respirace a při fermentačních pochodech je využitelnost spotřebovaného substrátu při metabolismu nízká. Bakterie, které získávají energii v procesech aerobní a anaerobní respirace organický substrát mineralizují až na CO_2 a H_2O . Ani jedna skupina anaerobních bakterií není schopna úplné mineralizace substrátu. Anaerobní mineralizace se účastní mnoho skupin mikroorganismů. Jejich katabolické aktivity na sebe vzájemně navazují v anaerobním potravním řetězci. V prvním stupni tohoto řetězce jsou aminokyseliny, cukry, puriny a pirimidiny fermentovány na CO_2 , organické kyseliny nebo vodík a alkoholy. Ve druhém stupni řetězce jsou organické meziprodukty fermentací oxidovány na acetát, vodík a CO_2 . V konečném třetím stupni jsou vodík, acetát a CO_2 přeměňovány methanogenními bakteriemi na methan a CO_2 . (RAJCHARD et al., 2002).

Koloběh uhlíku je úzce propojen s ostatními cykly živin v půdě. Rozklad organických uhlík-vodík vazeb uvolňuje energii nutnou pro život dekompozitorů a tím i pro koloběhy všech prvků v půdě. Nemají-li dekompozitoři dostatek živin potřebných k tvorbě biomasy, rozklad se zpomalí a všechny uvolněné živiny budou navázány do těl dekompozitorů a v půdě dojde k imobilizaci živin. V takovém případě se budou živiny v půdě mineralizovat a uvolňovat pro rostliny pouze při jejich nadbytku. (RAJCHARD et al., 2002).

3.2.2 Koloběh dusíku

Dusík je po uhlíku nejdůležitějším prvkem pro život. V aktivním koloběhu dusíku je několik důležitých anorganických forem dusíku na rozdíl od uhlíku, jehož jedinou anorganickou formou v aktivním koloběhu je CO_2 případně HCO_3^- . Cyklus dusíku je úzce spojen s koloběhem uhlíku, ale i fosforu a přeměny dusíku naopak ovlivňují cykly ostatních prvků. Všechny reakce mohou být spojeny s posunem pH půdního prostředí, kdy sloučeniny dusíku, vznikající v jednotlivých krocích přeměn, mohou mít záporný (NO_3^-), kladný (NH_4) či neutrální náboj (N_2). Z atmosféry vstupuje dusík do půdy ve formě spadu nebo fixací N_2 mikroorganismy, s rostlinným materiálem a s exkrementy živočichů. V organických formách je vázáno v půdě asi 90 % dusíku, ale pouze 20 – 30 % organicky vázaného dusíku může být snadno uvolněno mineralizací ve formě NH_4 . Amonné ionty se mohou být asimilovány rostlinami nebo půdními organismy a vázány na organo-minerální komplex, ionty se v zásaditých půdách mění na amoniak a dochází k jeho uvolňování z půdy (volatilizace). V půdě probíhají 3 typy procesů přeměn dusíku, jsou jimi mineralizace, imobilizace a oxidace nebo redukce. Při mineralizaci se organický dusík přeměňuje na minerální formy za účasti půdních organismů a enzymů, které jsou do půdy uvolňovány hlavně půdní mikroflórou, zatímco při imobilizaci je minerální dusík spotřebováván rostlinami nebo organismy a zabudován do biomasy. Na imobilizaci se podílejí půdní organismy a kořeny rostlin. Minerální formy dusíku jsou při oxidaci nebo redukci využívány v energetickém metabolismu. Všechny procesy jsou na sobě závislé a probíhají v půdě současně. Podle zásoby dusíku v půdě, poměru C/N v biomase a podmínkách prostředí buď převládávají procesy mineralizace nebo imobilizace. (RAJCHARD et al., 2002).



Obr. 1: Zjednodušené schéma koloběhu dusíku

Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Kolob%C4%9Bh_dus%C3%ADku#/media/File:Nitrogen_cycle_cs.svg

3.2.3 Koloběh síry

V půdě je poměrně značné množství síry, jak ve formě organické (bílkoviny) tak i anorganické (horniny a sedimenty). Živé organismy mohou asimilovat, na rozdíl od uhlíku nebo dusíku, síru pouze ve formě rozpustných síranů. Síra se dostává do půd hlavně ve formě organicky vázaných sloučenin přítomných v rostlinách a živočišných zbytcích (NĚMEC, 1986). Ve formě síranů se uvolňuje při procesu zvětrávání a následně je využívána rostlinami a organismy pro stavbu aminokyselin a enzymů. V odumřelé organické hmotě podléhá recyklaci a později je mineralizována na anorganické sloučeniny, kde převažují síranové ionty. Dále se síra dostává do koloběhu používáním minerálních hnojiv, pesticidů a spalováním fosilních paliv. Síranové ionty se ve většině půd neváží a jsou vyplavovány z půdy, tedy pokud nejsou spotřebovány rostlinami nebo mikroorganismy.

Výhradně mikroorganismy přeměňují organickou síru na anorganické formy, které jsou přístupné rostlinám. Síru potřebují mikroorganismy pro stavbu do svých těl

(imobilizace síry), využívají k tomu síranové ionty (asimilace iontů) nebo enzymaticky štěpí organické formy síry (mineralizace síry) (RAJCHARD et al., 2002). Této **mineralizace** se účastní proteolytické mikroorganismy (bakterie, aktinomycety a plísňe). Při aerobních podmínkách vznikají oxidované formy síry a za anaerobních podmínek se tvoří toxický sulfan (H_2S), ten je dále chemicky nebo biologicky oxidován (MALACHOVÁ, 2004). Tento oxidační proces síry se označuje za **sulfurikaci** a spočívá v oxidaci za pomoci sirných nebo thionových bakterií. Vlákňité, heterotrofní, sirné bakterie mají schopnost ukládat elementární síru uvnitř buňky. Thionové bakterie jsou většinou autotrofní, elementární síru v buňkách nehromadí a tak je síra přechodně nebo trvale hromaděna v prostředí. Sirné a thionové bakterie díky zpřístupňování síry rostlinám zvyšují úrodnost půdy a také dokáží značné množství síry akumulovat (NĚMEC, 1986 a MALACHOVÁ, 2004). Zároveň se sulfurikací může probíhat **desulfurikace**, pochod opačný, kdy dochází k redukci sulfátů (SO_4^{2-}) až na sulfan. Podmínkou je anaerobní prostředí a velké množství organické hmoty, která je zdroj vodíku a uhlíku pro desulfurikační bakterie. Ekologický přínos této skupiny heterotrofních, anaerobních bakterií je ve schopnosti tvořit H_2S a H_2SO_4 . V takovém prostředí pak dochází k poškozování betonových a kovových materiálů biokorozí (MALACHOVÁ, 2004 a NĚMEC, 1986).

3.2.4 Koloběh fosforu

Koloběh fosforu je podstatně jednodušší než koloběh síry. Ve většině půd je primárním minerálním zdrojem fosforu apatit, který je během vývoje půd biologickým, chemickým a fyzikálním zvětráváním pomalu přeměňován na labilní nebo rozpustné formy. Část uvolněného fosforu je vysrážena jako sekundární minerály anebo může být přeměněna na vázané formy. Zároveň je ale fosfor současně spotřebováván z půdního roztoku kořeny rostlin a půdními mikroorganismy. Fosfor zůstává kratší či delší dobu vázán v organické hmotě, jeho podíl během vývoje se zvyšuje a ve vyvinutých půdách tvoří 50-70 % celkového P. V přeměně organického fosforu hraje klíčovou roli aktivita půdních organismů, ti se podílejí na rozpouštění anorganického fosforu a jeho přeměnách – imobilizaci nebo mineralizaci organického P (RAJCHARD et al., 2002). **Mineralizaci** uskutečňují mikroorganismy, které mají schopnost uvolňovat z organických látek kyselinu fosforečnou. Mohou to být bakterie i některé druhy kvasinek a plísňí. Jako substrát slouží látky s organicky vázaným fosforem. Při **imobilizaci** je fosfor zabudován do organické

hmoty, tzv. asimilace fosforu, na kterém je závislá produkce biomasy (MALACHOVÁ, 2004). Převaha mineralizačních procesů nastane při poměru C/P menším než 200. Tyto procesy jsou nejdynamičtější přeměna fosforu v půdě. Nesrovnatelně menší biomasa půdních mikroorganismů, než biomasa rostlin, může obsah fosforu být i 10x vyšší než v rostlinách. Mikrobní biomasa je hlavní faktor mineralizace a imobilizace organického fosforu v půdě. Živočichové přijímají fosfor v konzumované potravě, rostliny a mikroorganismy mohou čerpat fosfor rozpuštěný v půdním roztoku (RAJCHARD et. al., 2002). Pro zajištění plynulého koloběhu fosforu je velmi důležitá třetí etapa – **solubilizace**, při které se mikroorganismy podílejí na uvolnění utilizovatelné kyseliny fosforečné z nerozpustných fosforečnanů. Kyselina fosforečná celkem snadno přechází na nerozpustné fosforečnany vazbou na vápník, železo, hliník a hořčík. Tyto nerozpustné fosforečnany dokáže většina mikroorganismů a rostlin asimilovat. Uvolňování H_3PO_4 ze sloučenin je uskutečňováno za přítomností mikroorganismů, které produkují organické nebo anorganické kyseliny nebo CO_2 do prostředí. Nejeftivnější je tedy tento proces v přítomnosti nitrifikačních nebo siřných bakterií (NĚMEC, 1986).

3.3 INTERAKCE MEZI KOŘENY ROSTLIN A PŮDNÍMI ORGANISMY

K vzájemným interakcím mezi kořeny rostlin a půdními organismy dochází v rhizosféře, kde dosahuje intenzita biochemických dějů maximálních hodnot. Oblast kořenové špičky je chráněná mucilagem, který je uvolňován z okolí kořenové čepičky a chrání před případnými infekcemi půdními patogeny nebo mechanickým poškozením. S větší vzdáleností od kořenové špičky intenzita vyměšování klesá, ale naopak se zvyšuje podíl rhizosférách mikroorganismů využívající metabolizované zdroje organických látek pro jejich rozmnožení. Díky mucilagu, který obsahuje vysoké množství uhlíkatých látek a nedostatku ostatních živin pro vyšší aktivitu mikroorganismů jsou rhizosférní mikroorganismy schopny produkovat vlastní polysacharidy, které jsou odolnější k enzymatickému rozkladu. Mucigel je tedy kostrou mikrobiálního biofilmu, který pokrývá povrch kořene a vznikl směsí polysacharidů a glykoproteinů rostlinného a mikroorganického původu (ZÁHORA, 2012 a ZÁHORA, 2010). Fylogenetické a funkční složení rhizosférního mikrobiálního společenstva je konečným výsledkem rostlinné interakce s původním půdním společenstvem (CARDON, WHITBECK, 2007).

Na principu výměny drobných molekul, které jsou odvozené od peptidů a laktonů, jimiž bakterie poskytují informace o své přítomnosti do okolí, bakterie mění své chování. Jejich chování se může změnit na skupinové, které je odlišné od původního chování. Jedná se o velmi užitečný děj pro rostlinu i mikroorganismy jde o tzv. „quorum sensing“ (ZÁHORA, 2012). Buňky, které jsou z biofilmu odlučovány, přecházejí zpět do planktonního stavu a můžou kolonizovat jiné části povrchu. Účel tohoto chování je pravděpodobně kvůli zvyšující se konkurenci buněk v biofilmu. Chemické signály, které vycházejí z buněk, dovolují zjišťovat přítomnost okolních buněk, tedy upozorňují sousední buňky na svou přítomnost a eliminují tak následné přehušťování populace (RULÍK, 2011).

Rhizosféra představuje druhotně bohaté společenstvo mikroorganismů (zejména bakterií, hub a prvoků) a makroorganismů (kromě kořenů rostlin tu nacházíme běžnou půdní faunu, např. hlístice či hmyz). V rámci společenstva existuje mnoho vzájemných vztahů. Počet a druhové zastoupení je závislé na druhu rostliny a růstovém stadiu, půdním typu a způsobu hnojení. V rhizosféře bývá obvykle zvýšená koncentrace organismů a zejména mikroorganismů. Důvodem je větší nabídka látek využitelných mikroorganismy. Jedná se např. o odumřelé části kořenů, ale i o látky produkované kořeny do prostředí, hlavně nízkomolekulární zdroje uhlíku (tzv. rhizodepozice). V rhizosféře vznikají četné potravní řetězce, ve kterých mikroorganismy hrají jak roli konzumenta (např. rozkládají nejrůznější odpadní látky), tak roli potravy pro prvoky či vyšší organismy. Rhizosférní život působí na rostlinu obvykle celkově pozitivně, hlavně proto, že přítomné (mikro)organismy obohacují půdu o vázané minerální živiny (TŮMA, 2015).

3.4 BAKTERIE

Bakterie jsou prokaryotické organismy řazeny do domény *Bacteria*. V půdě najdeme i celou řadu prokaryot z domény *Archea*. Největší výskyt bakterií je v půdách a eutrofních vodách. Nukleoid, jádro bakteriální buňky, není ohraničen jadernou membránou a skládá se jen z DNA a doplňujících bílkovin, dohromady tvoří chromozóm prokaryotické buňky. Vrstva peptidoglykenů, peptidů, lipidů a polysacharidů tvoří buněčnou stěnu. Další buněčné útvary, které se v cytoplazmě vyskytují, rovněž nejsou ohraničeny systémem membrán, charakteristickým pro buňky eukaryotické (SAMEC, FORMÁNEK, 2007 a ROSYPAL et al., 1981).

Půdní heterotrofní bakterie buď využívají energii slunečního záření a pro druhotné fotosyntetické reakce jako zdroj uhlíku potřebují jednoduché organické sloučeniny (fotoorganotrofní bakterie) nebo získávají energii vždy oxidací organických sloučenin (bakterie chemoorganotrofní). Z autotrofních bakterií mají v půdě význam především gramnegativní bakterie chemoautotrofní (chemolitotrofní), které pro svůj růst asimilují CO₂ a jako zdroj energie pro biosyntézu prosazují oxidaci anorganických látek za přítomnosti atmosférického O₂ (SAMEC, FORMÁNEK, 2007). V 1 g půdy žije až 10¹⁰ bakterií, což se blíží hodnotě 10¹⁵ na každý m². Bakterie se v půdě vyskytují v půdních kapilárách, ve vodním filmu na povrchu jílových a prachových částic, v pórech naplněných půdním roztokem. Dále na aktivním povrchu koloidních látek, hlavně sekundárních humusových látek (např. fulvokyselin a jejich solí) a v primární organické hmotě (kořenové exudáty, odumřelé kořeny, zbytky půdní fauny apod.) (RŮŽEK, VOŘÍŠEK, 2010).

3.4.1 Ekologie půdních bakterií

Bakterie obecně jsou dnes rozšířeny ve velkém počtu jedinců po celém světě. Rozšíření je umožněno jejich nepatrnými rozměry, bakteriální buňky mají velký povrch v poměru k objemu. S tím souvisí i značná intenzita jejich energetické a látkové přeměny, tak i vysoká fyziologická aktivita, která se projevuje rychlým rozmnožováním (ČERNOHORSKÝ, 1973). Za příznivých okolností dokážou rozložit hmotu odpovídající 100-1000 násobku jejich hmotnosti. Zúčastňují se každé přeměny v půdě, ale jejich nedůležitější činností je účast při koloběhu dusíku (VANEK et al., 1996). Jsou schopny reagovat bezprostředně na jakékoli změny svého vnějšího mikroprostředí a zahrnují taxony různě tolerantní k obsahu kyslíku. Bakterie vytvářejí mutualistické vazby s rostlinami (bakteriorrhizy) nebo se vyskytují jako populace solitérních jedinců. Život bakterií a jejich funkce jsou velmi závislé na teplotě. Produkce mimobuněčných enzymů, kyselin a antibiotik přímo souvisí s aktivitou půdních bakterií, jejich enzymatická aktivita se projevuje v přeměnách látek během mineralizace a dekompozice (SAMEC, FORMÁNEK, 2007).

3.4.2 Význam užitečných půdních bakterií pro rostlinu a půdu

K udržení produkčních a ekologických funkcí půdy jsou důležité půdní mikroorganismy, které podporují růst a vývoj rostlin. Tyto skupiny bakterií kolonizují kořeny rostlin, fixují vzdušný dusík, produkují a uvolňují metabolity, kterými jsou růstové regulátory, biologicky aktivní látky a fytohormony, stimulují růst rostlin. Přispívají ke zvyšování dostupnosti živin pro rostliny, podílí se na řadě klíčových procesů v půdě a pomáhají k udržení optimální struktury půdy. Podle vztahu k rostlinám se dělí na symbiotické bakterie (rhizobia) a volně žijící rhizobakterie. V našich zeměpisných podmínkách mají největší význam hlízkové bakterie a jejich symbióza s leguminózami (ŠIMON, MIKANOVA, 2012).

3.4.3 Rhizosférní bakterie

Jejich vývoj probíhá na povrchu kořenů rostlin i v půdě přiléhající ke kořenům. Bakterie kolonizují kořen celistvým povlakem a mají schopnost měnit chemické složení minerálních i organických látek. Výzkumy jasně potvrzují, jak je nezbytná přítomnost půdních bakterií, které jsou důležitou podmínkou pro optimální růst rostlin.

Jednotlivé kmeny bakterií mají stimulační účinek a druhé naopak růst brzdí. Inhibiční účinek je spojen s vylučováním produktů látkové výměny do okolního prostředí, kdy v blízkosti kořenového systému rostlin nastává výběr specifické mikroflóry, která se od mikroflóry půdy bez rostlinného porostu odlišuje druhy a množstvím půdních mikroorganismů. Co je příčinou této selekce? Zřejmě nejdůležitějším činitelem jsou kořenové exudáty rostlin (FJODOROV, 1957). Obecně se uvádí, že takto putuje do rhizodepozic a kořenových exsudátů tedy do půdy asi 20-40 %, někdy až 60% uhlíku fixovaného fotosyntézou (ŠIMEK, 2008), aby podpořily aktivitu těchto veledůležitých půdních organismů, jako jsou například fixátoři vzdušného dusíku, další volně žijící rhizobakterie a mykorhizické houby, ale nepřímo i jejich predátory.

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

Na složitost vztahů mezi mikroorganismy v půdě ukazují např. bakterie, podporující růst rostlin ((Plant Growth Promoting Rhizobacteria), které jsou obvykle vyskytující se půdní bakterie kolonizující kořeny ve prospěch rostliny. PGPR ovlivňují růst, výnos, absorpci živin u rostlin, zvyšují možnou fixaci dusíku u leguminóz, zvyšují produkci

fytohormonů, podporují bakterie vázící dusík, zvyšují zásobu živin jako např. síra, železo, fosfor, měď. Bakterie mohou jak snižovat, tak zvyšovat hustotu mykorhizních kořenů v půdě a kontrolovat bakteriální a houbové nemoci (SAHARAN, NEHRA, 2011). Gramnegativní bakterie rodu *Pseudomonas* jsou typickými zástupci PGPR, produkující netěkavé difuzibilní látky, které omezují klíčení spor arbuskulárních mykorhizních hub a nemusí tedy vždy napomáhat ke vzniku a rozvoji arbuskulární mykorhizní kolonizace (GRYNDLER et. al., 2004).

3.4.4 Diazotrofní bakterie

Pro rostliny je molekulární dusík nedostupný. Tesařová a Filip (2003) ve své publikaci popisují, že rostliny a mikroorganismy se nacházejí v atmosféře, která obsahuje velké množství molekulárního dusíku (78 %), nedostupný a přibližně jen 50 druhů bakterií a sinic dovede tento dusík využít.

Diazotrofní bakterie dokáží využívat molekulární dusík a jsou proto ekologicky důležitou skupinou půdních bakterií. Velmi silnou trojnou vazbu umí rozštěpit jen málo druhů bakterií a aktinomycet. Tito fixátoři N_2 tedy zpřístupňují hlavní složku vzduchu (N) ostatním organismům. Hlavní mechanismus se ukrývá ve fyziologických změnách mikroorganismů a rostlin, které jsou způsobeny obohacováním ekosystému využitelnými sloučeninami dusíku. Ve vztahu s mykorhizními houbami houba slouží jako distributor fixovaného dusíku. Bakterie tak zajišťují lepší výživu dusíkem a následně lepší růst rostlin a hromadění organických látek bohatých na energii. Mycelium roste více do délky a je lépe schopno např. zabezpečovat výživu rostlin fosforem (GRYNDLER et. al., 2004).

Bakterie rodu *Azotobacter*, které patří mezi významné rhizobakterie, jsou nesymbiotické volně žijící gramnegativní bakterie a jsou schopny fixovat vzdušný dusík. Užívání organických hnojiv podporuje výskyt a aktivitu těchto užitečných bakterií v půdě (ŠIMON, MIKANOVÁ, 2012).

V našich podmínkách mírného pásu je z hospodářského hlediska nejvýznamnější symbióza mezi bakteriemi rodu *Rhizobium* a kořeny bobovitých rostlin (*Fabaceae*).

Rhizobia jsou gramnegativní, heterotrofní, obligátně aerobní bakterie fixující vzdušný dusík, patřící do rodů *Rhizobium*, *Azorhizobium*, *Sinorhizobium*. Bakterie se vyskytují uvnitř hlízkových pletiv a ochranu aparátu fixujícího dusík před kyslíkem zajišťuje barvivo leghemoglobin (PAUL, 2015 a GRYNDLER et. al., 2004).

3.4.5 Antagonistické bakterie

Jsou půdní mikroorganismy, které redukují růst a aktivitu patogenních hub. Např. antagonistické bakterie vůči půdním patogenním houbám *Phytophthora parasitica* a *Fusarium oxysporum* je možno izolovat z in vitro kultur arbuskulárních mykorhizních hub, výskyt může být užitečný pro rostliny, které budou ošetřeny vyrobeným inokulum z těchto kultur. Aktivní izoláty brzdily klíčení spor *Phytophthora parasitica* a růst parazitů. Některé stimulační izoláty rostlin po inokulaci arbuskulárním inokulum tedy mohou být přičteny přítomným antagonistickým bakteriím (GRYNDLER et. al., 2004).

3.4.6 Aktinomycety (*Actinomycetes*)

Tyto převážně půdní, grampozitivní bakterie se účastní biodegradčních řetězců v sukcesní návaznosti na bakterie a houby. Jsou vždy aerobní a produkováním antibiotik ovlivňují jejich populace. Zástupci rodu *Frankia* jsou schopni vytvářet mutualistické symbiózy s olšemi jako fixátoři atmosférického dusíku (SAMEC, FORMÁNEK, 2007). Počet aktinomycet v půdě není stálý, protože jsou aktinomycety poměrně citlivé na změny vlhkosti a teplot vyskytují se v půdě ve formě spor. Mycelia jsou tvořena jen za optimálních podmínek. Podle Badalíkové (2012), právě aktinomycety, skupina pozitivních bakterií, hrají významnou roli při rozkladných procesech organických látek pro jiné organismy obtížně rozložitelné. Účastní se obvykle rozkladu složek, které jsou rezistentní k bakteriálnímu rozkladu nebo rozkladu houbami, např. chitinu, humusových látek a ligninu. Nejvíce je v půdě zastoupen rod *Streptomyces*, který je významný produkcí látky geosmin, díky němuž má zemina svou charakteristickou „půdní vůni“ (MALACHOVÁ, 2004). Při vyšším pH pobíhá rozkladný proces intenzivněji. Snižuje-li se pH převažuje činnost ostatních bakterií a hub-mikromycet.

3.5 ZÁSTUPCI RHIZOSFÉRNÍ MIKROFLÓRY

G – nesporulující tyčinky: producenti auxinů a diazotrofové

Agrobacterium radiobacter, bakterie *Pseudomonas*, *Rhizobium* a *Azotobacter* tvoří 40-50 % populace

G + sporulující tyčinky, G + nesporulující tyčinky a aktinomycety: producenti antibiotik

Mikromycety v myceliální formě: antagonisté fytopatogenních hub *Trichoderma*, *Cylindrocarpon*, *Glyocladium*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Pythium oligandrum* (RŮŽEK, VOŘÍŠEK, 2010).

3.6 HOUBY

Další skupinou půdních organismů jsou mikromycety. Tyto mikroskopické vláknité houby jsou vícebuněčné, eukaryontní, heterotrofní, saprofytické nebo parazitické a spolu s kvasinkami a kvasinkovitými mikroorganismy tvoří skupinu mikroskopických hub. Některé druhy mikromycetů mají velkou morfologickou rozmanitost a schopnost přizpůsobit se různým ekologickým podmínkám a jsou tak rozšířeny po celém světě. Jednobuněčné či vícebuněčné spory, které jsou přítomny v půdě, ovzduší, vodě, na povrchu živých a odumřelých organismů apod., slouží k jejich přežívání a rozmnožování (OSTRÝ, 2000). Jejich hlavním rezervoárem je půda, ve které tvoří až 70 % živé mikrobiální biomasy a vyskytují se v počtu až 10^6 zárodků na 1 gram půdy (KALHOTKA, 2014 a REJŠEK et al, 2006). Umí se rozmnožovat i při nízkém pH i nízkých teplotách. Obecně platí, čím nižší pH, tím je vyšší zastoupení této fyziologické skupiny (BADALÍKOVÁ, 2012). Mezi typické nebo pravé půdní houby je řazeno asi 15 000 druhů. Hlavní význam hub spočívá v rozkladu obtížně rozložitelných látek, zejména celulózy a ligninu a dále jejich schopnost uvolňovat ionty některých minerálních látek (např. fosforu) do půdního roztoku nebo jejich transport na větší vzdálenosti. Některé mikromycety tvoří mykotoxiny, jiné zas antibiotika (KALHOTKA, 2014 a REJŠEK et al, 2006).

Mikromycety jsou významnými dekompozitory organických látek v půdě, najdeme mezi nimi i patogeny rostlin, ale sehrávají také svou důležitou roli z hlediska symbiotických vztahů s rostlinou, kdy celá řada druhů vytváří s kořeny vyšších cévnatých rostlin tzv. mykorhizu.

3.7 MYKORHIZNÍ SYMBIÓZA

Termín se užívá k označení symbiózy kořenů vyšších rostlin s půdními mikroskopickými houbami, ale takéž orgánů, které vznikly při vytvoření symbiózy z kořene hostitelské rostliny a endofytické houby. To platí zejména u ektomykorhiz, jelikož vytvoření asociace kořene s mykorhizní houbou má vliv na anatomickou a

morfologickou stavbu kořene. Více než 90% rostlinných druhů vytváří určitý typ mykorhizy (KOLAŘÍK, 2010).

Rostlina dodává houbě uhlíkaté zdroje, zatímco houba rostlinu zásobuje vodou a v ní rozpuštěnými minerálními solemi (např. H_2PO_4^-). Rhizosférní mikroflóra a její enzymatické aktivity jsou stimulovány mykorhizními houbami, které jsou významné pro výživu, růst a zdravotní stav rostliny. U rostlin vřesovcovitých (*Ericaceae*) a vstavačovitých (*Orchidaceae*) mykorhizní houby stimulují klíčení semen (RŮŽEK, VOŘÍŠEK, 2010).

Mezi mykorhizní houby se řadí houby stopkovýtrusé (*Basidiomycetes*), vřeckovýtrusé (*Ascomycetes*), a spájivé (*Zygomycetes*). V půdě se vyskytuje současně mnoho druhů těchto hub, které tvoří společenstvo. Vnitřní prostor kořene je propojován vlákny mykorhizních hub s půdním prostředím (GRYNDLER et al., 2004).

Charakteristickým znakem mykorhiz je kolonizace hostitelské rostliny nanejvýš v rámci apoplastu primární kůry kořene. Nikdy nedochází k rozrůstání mykorhizní houby ve středním válci a také nikdy nepenetrují plazmalemu hostitelských buněk. I když jsou to též vnitrobuněčné struktury, nacházejí se vždy v apoplastickém prostoru (SMITH, READ, 1997).

Podstatným znakem mykorhiz je utváření sítě mimokořenového mycelia v půdě, která slouží k rozšíření kořenového systému rostliny. Dále významným způsobem zvětšuje mykorhiza objem půdy, z jež rostlina prostřednictvím houby může získávat vodu, živiny a hlavně fosfátové ionty (KOLAŘÍK, 2010). Mykorhizní kořeny dovedou přijaté minerální živiny kumulovat, zejména v hyfovém plášti. V období deficitu živin jsou uvolňovány a předávány hostitelské rostlině. Z ekologického hlediska je tato schopnost velice důležitá, protože poskytuje rostlinám s mykorhizou větší konkurenceschopnost než rostlinám bez mykorhizy (MEJSTRŮ, 1988). Rostlina od mykorhizní houby přijímá také růstové hormony cytokininy a auxiny. Při zvýšené produkci hormonů jsou vyvolány morfologické změny kořenů, což podporuje efektivnější mobilizaci a transformaci živin rostlinou. Kolonizace mykorhizními houbami kořenů rostlin napomáhá redukovat napadení rostliny kořenovými patogeny (např. *Pythiummultimum*) (PROCHÁZKA et al., 1998). V porovnání s mnohými agroekosystémy, nebývá v přírodě dostatek či nadbytek živin běžný. Proto v přírodě bývají mykorhizní symbiózy spíše mutualistickými vztahy (zisk fosforu, dusíku a

výdej uhlíku) (JOHNSON et al., 1997). Získá-li ale jeden z partnerů převahu, tento vztah se může změnit na parazitický (PROCHÁZKA et al., 1998).

V půdě se vyskytuje mnoho různých druhů hub současně a vytváří zde společenstvo. Mykorhizní vlákna hub propojují vnitřní kořenový prostor s půdním prostředím a vytvářejí heterogenní objemnou síť – mycelální kontinuum. Kořen však není zcela kolonizován, omezuje se jen na některé jeho části. Ekologické vlastnosti mykorhizy jsou určovány vlastnostmi mycelia mykorhizních hub. Všechny mykorhizní houby mají několik ekologicky důležitých společných vlastností. Takovými to vlastnostmi je velký povrch mycelia a zároveň schopnost zasahovat i do nepatrných půdních prostor, které jsou kořenovému systému rostlin nepřímě dostupné a dále schopnost přímé výměny látek s hostitelskou rostlinou prostřednictvím těsného fyzického kontaktu i výměny látek s půdním prostředím (GRYNDLER, 2009). Mycelium mykorhizních hub má vysoké požadavky na asimiláty a to bez ohledu na růstové podmínky hostitelské rostliny. Při překročení optimální úrovně kolonizace kořenů mykorhizou dochází k depresi růstu mycelia i kořenů (BALÍK et al., 2008).

3.7.1 Typy mykorhiz

Je-li houbové mycelium zejména na povrchu a hyfy hub obrůstají zakončení kořene, čímž vytvářejí houbový plášť, jedná se od mykorhizu ektotrofní. Naopak proniká-li hlouběji do kořenových pletiv a houbový plášť netvoří, jde o mykorhizu endotrofní. Mycelium tak často supluje chybějící kořenové vlášení (KŮDELA & HEJNÝ, 1989 a KINCL & FAUSTUS, 1977).

Endomykorhiznítypy mykorhizy jsou charakteristické pronikáním houby do vnitřního prostoru buněk kořenu hostitele. Další typ, ektomykorhizní symbióza, se vyznačuje naopak výskytem mykorhizní houby pouze v mezibuněčných (intercelulárních) prostorech (GRYNDLER et al., 2004).

3.7.2 Ektomykorhiza

Tuto mykorhizu tvoří pouze přibližně 3% druhů světové flóry. Přesto jde o velmi důležitou symbiózu, jelikož zde patří zástupci čeledí *Pinaceae* a *Fagaceae*. Některé druhy mohou v závislosti na pedologických podmínkách stanoviště vytvářet mykorhizu arbuskulární nebo ektomykorhizní, takovými rody jsou například *Eucalyptus*, *Populus*

nebo *Salix*. Většinu zástupců ektomykorhizních hub se nachází v odděleních *Ascomycotaa* *Basidiomycota*, vzácně i zástupci *Zygomycota* (SMITH et READ, 1997).

Ektomykorhizase vyvíjí u rostlinných druhů vyskytující se na vysoce humózních půdách (KOLAŘÍK, 2010). Podstatný vliv na biomasu ektomykorhizních hub má půdní reakce, kdy se větší biomasa objevuje v půdě kyselé v porovnání s půdou vápenitou (WIEMKEN et al., 2001). Ektomykorhizní houby vytváří v blízkosti hostitelského stromu makroskopické nadzemní plodnice (LEPŠOVÁ, 2003).

Kořen je obalen kompaktní sítí hyf, která se nazývá hyfový (houbový) plášť. Vývoj pláště je podněcován řadou po sobě jdoucích událostí (HORAN et al., 1988). Ektomykorhizy jsou charakterizovány labyrintem hyf prorůstajícím z houbového pláště do rhizodermis a intercelulárních prostor kořenového cortexu. Tyto hyfy jsou označovány jako Hartigova síť (KOLAŘÍK, 2010). Hyfy komunikují s hyfovým pláštěm, který umožňuje komunikaci i s okolní půdou, mohou tak například přivádět minerální živiny (KOTTKE, OBERWINKLER, 1987). V Hartigově síti dochází k nejintenzivnější látkové výměně mezi asociovanými symbiotickými organismy (KOLAŘÍK, 2010).

3.7.3 Endomykorhiza

Endomykorhizní typy mykorhizy jsou tedy charakteristické pronikáním houby přes buněčnou stěnu buněk kořenu hostitele. Je zde řazena arbuskulární mykorhizní symbióza, orchideoidní mykorhizní symbióza a erikoidní mykorhizní symbióza.

Arbuskulární mykorhiza

Jedná se pravděpodobně o nejrozšířenější symbiózu na zemi, až 80 % všech rostlinných druhů patří do rodů, který vytvářejí tento typ mykorhizy (KOLAŘÍK, 2010). Houby tvořící arbuskulární mykorhizu náleží zejména do čeledi *Glomaceae*, *Gigasporaceae*, a *Acaulosporaceae*. Arbuskulární mykorhizní houby jsou obligátní biotrofové, tudíž potřebují ke svému vývoji hostitelskou rostlinu (KABRHELOVÁ, ZÁHORA, 2009). Mykorhiza se vyskytuje u rostlinných druhů všech podnebných pásem i ekologických nároků, dřevin, stromů, bylin a i u většiny zemědělsky důležitých plodin (http://www.sci.muni.cz/~mykorrh/html/AM_taxony.htm). Arbuskulární mykorhizní houby jsou podstatnou a hojně se vyskytující součástí půdních společenstev ve většině

suchozemských ekosystémů. Tato skupina mikroorganismů představuje taktéž skupinu biotrofů, lišících se od většiny mikrobiální biomasy v půdě (VARMA, 1999).

Arbuskulární mykorhiza má mycelium cenocytické (nepřehrádkované). Mycelium je tak tvořeno jedinou velkou, rozvětvenou buňkou, která obsahuje nespočetné množství jader v proudící cytoplazmě. Hyfy žijí v průměru jen 5 – 6 dní, mycelium má v půdě krátkou životní dobu. Odumřelé hyfy jsou rychle nahrazovány hyfami novými (STADDON, 2003). Mycelium arbuskulárních mykorhizních hub je schopno získávat výživu jediné z kořene živé hostitelské buňky, žije tedy biotrofně. Musí ale nejprve kořen kolonizovat a proniknout přes buněčnou stěnu hostitele do buněk kořenové kůry (GRYNDLER et al., 2004). Na povrchu kořínků se nikdy nevytváří hyfový plášť a Hartigova síť. Nedochází k morfologickým změnám ve stavbě kořínků (MEJSTRÍK, 1988). Podstatnou fyziologickou funkcí mycelia je transport mnoha minerálních živin z půdy do kořenových pletiv. Nejvíce se jedná o fosfor, který je v půdě málo pohyblivý. Jeho mobilizace výrazně ovlivňuje růst rostlin (COX et al., 1980).

Jak již název napovídá, pro tento typ mykorhizy jsou charakteristickými strukturami arbuskuly. Tyto útvary jsou typické mnohačetným vidličnatým větvením a ukončeným růstem a nachází se uvnitř buněk primární kůry kořene rostliny. Arbuskuly mají slabou buněčnou stěnu nebo může zcela chybět (KOLAŘÍK, 2010). Je důležité, že houbová hyfa při průniku dovnitř rostlinné buňky neperforuje cytoplazmatickou membránu hostitelské buňky. Od okolního prostředí tak zůstává cytoplazma hostitele oddělena a cytoplazmatická membrána buňky rostlinné se před rostoucí a větvící se hyfou dále vchlipuje. Arbuskuly jsou místem, kde probíhá intenzivní výměna látek a informací mezi oběma partnery symbiózy, zejména fosfátů a uhlíkatých látek (GRYNDLER et al., 2004).

Měchýřkovité útvary tzv. vezikuly jsou nepravidelné i kulovité útvary vyskytující se buď uvnitř buněk primární kůry kořene, nebo v mezibuněčných prostorech kořenového kortexu. Předpokládá se, že se jedná o zásobní struktury, obsahující látky lipoidního charakteru (KOLAŘÍK, 2010).

Arbuskulární mykorhiza se dělí na dva morfologické typy a to podle způsobu, jak se houba šíří v kořenové kůře. Typ *Aruma* typ *Paris*.

Typ *Arum* je charakteristický rychlejším rozšiřováním houby v apoplastickém prostoru primární kořenové kůry hostitele. Vezikuly jsou vnitrobuněčné nebo

mezibuněčné, pokud se tvoří. Arbuskuly vznikají v hlubokých vrstvách buněk terminálně na intracelulárních větvích mezibuněčných hyf (SMITH, SMITH, 1997).

Typu *Paris* naopak chybí mezibuněčné hyfy a symbiotická houba se rozšiřuje symplasticky. Tvoří mnoho intracelulárních hyfových závitů s malými arbuskulami (GEBAUER, MEYER, 2003).

V mimokořenovém myceliu tvoří arbuskulární houby dva druhy hyf. První typ hyf má za úkol hledat zdroje živin či kořeny hostitelských rostlin, které by mohly kolonizovat. V průměru mají kolem 10 μm a jsou málo větvené. Druhý typ absorpčních hyf se častěji dichotomicky větví a je užší (ALLEN, 2007). Mimokořenové mycelium arbuskulární mykorhizy hub je velmi důležitým faktorem, jenž ovlivňuje příjem minerálních živin a vody rostlinou (ROZMOŠ, 2009).

V minulosti byl tento typ mykorhizy označen jako vezikulo-arbuskulární, podle přítomnosti charakteristických vezikulů. Po zjištění, v 90. letech 20. století, že vezikuly nejsou u zástupců čeledi *Gigasporaceae* vytvářeny, byl zaveden termín arbuskulární mykorhiza (AM) (http://www.sci.muni.cz/~mykorri/html/AM_struktury.htm).

Orchideoidní mykorhiza

Toto zvláštní soužití orchidejí s podhoubím některých z druhů hub je nejmladším typem endomykorhizy, charakteristické extenzivním intracelulárním myceliem. Hyfy prorůstají epidermis kořenů a tím kolonizují hostitelské buňky korového parenchymu. Podle charakteristického uspořádání struktur fykobionta se orchideoidní mykorhiza dělí na typ tolypofágní a typ ptyofágní (PRŮŠA, 2005).

Tolypofágní typ je běžnější a rozšířenější. K průniku do pletiva kořene dochází z vnějšího půdního prostředí. Kořeny rostlin jsou osidlovány přes kořenovou pokožku (rhizodermis) včetně kořenových vlásků (PETERSON, FARQUAHAR, 1994). Nejbliže ke kořenovému povrchu jsou vrstvy průchozích buněk, kterými houba jen prorůstá, aniž by se výrazněji rozvětvovala a vytvářela hyfové smotky – pelotony. Tyto trojrozměrné struktury vytváří houba v hostitelských buňkách intenzivním růstem, spájením a větvením klubíčkovitě stočených hyf (GRYNDLER et al., 2004).

Ptyofágní forma je známa pouze u několika druhů nezelených tropických orchidejí. Je charakteristická tím, že opět dochází ke kolonizaci buněk primární kůry kořene, ale nevyvíjí se hustá klubíčka hyf (PRŮŠA, 2005).

Orchideoidní mykorhiza se objevuje výhradně u rostlin čeledi *Orchidaceae* (vstavačových). Tato symbióza má podstatný význam pro životní cyklus hostitelských rostlin. Orchideje jsou na ni přizpůsobeny a nemohou bez ní v přirozených přírodních oblastech s úspěchem vyklíčit (McKENDRICK et al., 2000). V protikladu k ostatním druhům mykorhiz je transport sacharidů naprosto opačný – z houby do hostitele (MEJSTRÍK, 1988). Houba zajišťuje orchideji zvýšený příjem fosfátových iontů. Získat fosfor, který se pohybuje velmi pomalou difuzí z půdy, je pro rostlinu těžší než získání ostatních makroprvků (PRŮŠA, 2005). Nejvíce druhů hub vytvářející orchideoidní mykorhizu patří do skupiny amorfního rodu *Rhizoctonia* (GRYNDLER et al., 2004).

Erikoidní mykorhiza

Většina zástupců rostlinné čeledi *Ericaceae* tvoří erikoidní mykorhizu. Rostliny mají jemné kořeny a postrádají kořenové vlášení (ROZMOŠ, 2009). Kořenové vlášení a jeho funkce jsou nahrazovány myceliem, jehož buňky obsahují málo vakuol a mycelium roste na povrchu kořene. Roste v místech, kde se nachází mucigel a zbytky odumřelých kořenových pletiv (GRYNDLER et al., 2004).

Houby, žijící v této symbióze produkují speciální enzymy (chitinázy, proteázy apod.). Enzymy umožňují houbě čerpat látky z komplexních organických zdrojů, které jsou pro rostliny nepřístupné. Houby jsou schopny přežívat dlouhou dobu bez hostitele, mají tedy značné saprotrofní schopnosti. (<http://www.ibot.cas.cz/mykosym/mykorhiza.html#eric>). Tento typ mykorhizy je charakteristický pro kyselé biotopy s nedostatkem dostupných minerálních živin, jako je dusíku a fosforu. Zmíněné prvky mykorhiza pomáhá rostlině z prostředí získávat a zastává též funkci nutriční (http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/pre-dnasky/fr_prakt/mykor/erikoidni.html). Celý mykorhizní systém má hlavní roli v zpřístupňování, sorpci a transportu dusíku a fosforu do rostliny. Tato asociace se ale také podílí na regulaci příjmu železa (MILLEROVÁ, 2012). Erikoidní mykorhizní houby mohou taktéž zabraňovat zvyšování toxických elementů, které bývají často přítomny ve vřesovištních půdách, zejména Al^{3+} iontů (SOCHOR, 2006).

3.7.4 Přechodné typy mykorhiz

Mezi dvěma základními typy mykorhiz (ektomykorhiza a endomykorhiza) existují i tzv. přechodné typy mykorhiz.

3.7.5 Ektendomykorhiza

Ektendomykorhizní symbióza je odvozený typ, který spolu vytváří dřeviny a taxony hub, které běžně tvoří i ektomykorhizní symbiózy. Všechny aspekty vývoje a tvorby typických struktur jsou obdobné jako u ektomykorhiz. Vytváří se jak hyfový plášť, tak Hartigova síť a současně dochází k prorůstání hyf dovnitř buněk kořenové kůry hostitele, kde se intenzivně větví.

Arbutoidní mykorhiza

Tato mykorhiza je dalším typem endomykorhizní symbiózy a je pozorovatelná u rostlinných čeledí *Pyrolaceae* a některé *Ericaceae* (GRYNDLER et al., 2004). Všichni tito zástupci jsou zelené, fotosynteticky aktivní dřeviny. Morfologie jemných terminálních kořenů je změněna, kořeny můžou být ztloustlé jako u ektomykorhizy (SOCHOR, 2006). Je vyvinut hyfový plášť, kdy hyfy hub ponikají do buněk rhizodermis a mohou ji úplně zaplnit (HAGERMAN et al., 2001). V mezibuněčných prostorech nejsvrchnějších buněk kořenové kůry je dobře vyvinuta Hartigova síť. Anatomické a morfologické znaky jsou velmi podobné ektomykorhize, lze se tedy domnívat, že i jejich fyziologické funkce budou velmi podobné (MEJSTRŮK, 1988).

Monotropoidní mykorhiza

Monotropoidní mykorhiza se vyvinula u nezelených rostlin z čeledi *Monotropaceae* (<http://www.sci.muni.cz/botany/mycology/ekolhub.htm#symbiot>). Jelikož ani sama monotropoidní mykorhizní houba nedokáže fotosyntetizovat, získává výživu z organických látek z prostředí a od dalších fotosyntetizujících rostlin a představuje tak parazitismus jedné rostliny na druhé, kdy v tomto případě je vztah zprostředkován mykorhizní houbou. (BJÖRKMAN, 1960). Způsob výživy hostitelské rostliny se dá označit za mykoheterotrofii (SOCHOR, 2006). Hyfy Hartigovy sítě, která se vytváří v intercelulárních prostorech buněk kořenové vrstvy, hyfy tvoří krátká kolíčkovitá haustoria. Haustoria pronikají do parenchymatických buněk kořenové kůry a jsou nejcharakterističtější strukturou těchto

mykorhiz (MEJSTRÍK, 1988). Prostřednictvím haustorií předává houba nezelené rostlině důležité živiny, které potřebuje rostlina k růstu. Nejedná se o penetraci, ale jen o invaginaci membrán.

Monotropoidní mykorhizní houby tvoří antibiotické látky. Podařilo se izolovat dvě antibiotika, mykorhizin A a chloromykorhizin A, která mají vysokou aktivitu proti dřevokazné houbě *Fomesannosus*. Obecně se antibiotika vyznačují schopností konkurovat jiným půdním organismům, včetně hub (TROFAST, WICKBERG, 1977). Monotropoidně mykorhizní houby mohou zároveň tvořit mykorhizu s jinými rostlinami (<http://www.sci.muni.cz/botany/mycology/ekolhub.htm#symbiot>).

3.7.6 Mykorhiza ve vinohradnictví

Arbuskulární mykorhizní houby zlepšují hospodaření s vodou a zvyšují příjem některých živin. Zlepšují příjem minerálních živin, zejména prvků, které mají nízkou pohyblivost v půdě (fosfor, zinek, měď). Pozitivně působí také na příjem dusíku, vápníku, draslíku, hořčíku, síry a železa. Mykorhizní houby se vyskytují i na kořenech odrůd *Vitis vinifera* i podnoží.

Mykorhiza zvyšuje odolnost keře révy vinné vůči houbovým chorobám. Inokulace houbami rodu *Glomus* spp. se aplikuje k podpoření růstu sazenic v révové školce (PAVLOUŠEK, 2011).

3.8 KONVENČNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ

System usiluje o dosažení co nejvyšší produkce pomocí zvyšování vstupů do výrobního procesu např. rozsáhlou chemickou ochranou rostlin, technickou vybaveností či dávkami hnojiv. Výsledek má však negativní dopad na ekologickou rovnováhu agroekosystému (HAJŠLOVÁ, SCHULZOVÁ, 2006).

3.8.1 Konvenční systém ošetřování vinic

Tento způsob, který potlačuje vliv přírody a přirozených procesů probíhajících v přírodě, byl užíván téměř po celé 20. století. Jeho hlavním cílem je maximální výnos při maximálních chemických vstupech a to bez ohledu na ochranu životního prostředí. Výsledkem bylo zhoršení kvality půdy a snížení biodiverzity v ekosystému vinice.

Kořenovému systému neprospívalo časté extrémní utužení půdy. Nadměrné užívání pesticidů a hnojiv vedlo k ukládání reziduí do půdy a spodních vod, ale také do hroznů i vína. Celoplošný černý úhor byl udržován herbicidy nebo kultivací.

System nevyžíval metod prognóz a signalizace chorob a škůdců. Ochrana byla prováděna na základě fenofází automaticky, bez ohledu na výskyt a infekční tlak patogenů. Proti škůdcům a chorobám byly užívány syntetické pesticidy (PAVLOUŠEK, 2011).

3.8.2 Konvenční vinohradnictví

Prakticky všechny podniky, zabývající se vinohradnictvím přešly na integrovaný systém produkce. Podniky, které by hospodařily zcela konvenčním systémem v dnešní době téměř neexistují (MOSLEROVÁ, 2009). Využívá se spíše integrované zemědělské produkce.

3.9 INTEGROVANÁ ZEMĚDĚLSKÁ PRODUKCE

Integrovaný systém zemědělské produkce spojuje výhody ekologického a konvenčního zemědělství a usiluje o optimální výnos s vyšší kvalitou produktů a to způsobem, který nezatěžuje životní prostředí. Preferuje ekologicky přijatelné metody hospodaření. Značně omezuje používání agrochemikálií, spotřebu pesticidů a snaží se o co největší užívání biologických a jiných nechemických metod ochrany rostlin. Integrovaná produkce musí být ekonomicky efektivní, šetrná a poskytující zdravé, kvalitní produkty bez rizikových látek pro lidské zdraví.

(http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=integrovana_zemedelska_produkce&site=puda)

3.9.1 Integrovaná produkce ve vinohradnictví

Integrovaná produkce prezentuje způsob zemědělského hospodaření, jehož cílem je trvale udržitelný rozvoj ve smyslu § 6 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí. Postup hospodaření zachová současným i budoucím generacím možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesníží různorodost přírody a zachová přirozené funkce agroekosystémů a ostatních systémů. Dalším zásadním požadavkem je systémový přístup k celé technologii pěstování a zpracování révy vinné při optimalizaci ekologických a ekonomických hledisek produkce (ACKERMANN et al., 2010). Vinohradnictví

s integrovanou produkcí se v České republice řídí směrnicemi upravující některé kroky hospodaření, zejména využití a podpory přirozených regulačních mechanismů. Při ochraně životního prostředí je vyžadován soulad mezi chemickými, biologickými a technickými opatřeními (PAVLOUŠEK, 2011). Směrnice integrované produkce určuje pro většinu technologií tři kategorie technologických postupů ve vinohradu. První kategorii jsou doporučené postupy a technologie. Ty jsou optimální z hledisek ekologických, ekonomických a z hlediska kvality produkovaných hroznů a vína. Do druhé kategorie náleží postupy akceptované. Tyto postupy nejsou sice optimální, ale v určité situaci nejsou vyloučeny. Třetí kategorie obsahuje postupy a technologie, které jsou striktně zakázány, např. aplikace některého neselektivního, vůči roztočům a užitečnému hmyzu vysoce toxického pesticidu ze skupiny syntetických pyrethroidů. Podniky, které hospodaří systémem integrované produkce se zavazují tyto směrnice dodržovat (<http://www.ekovin.cz/sekce-integrované-produkce/smernice-integrované-produkce>).

Zásady integrované produkce ve vinohradnictví lze shrnout do třech částí, kterými jsou výživa a hnojení révy vinné, ochrana před chorobami a škůdci a péče o půdu ve vinici. V rámci ochrany rostlin je nařízeno ošetřovat rostliny pouze na základě krátkodobé prognózy a signalizace nebo při zohlednění vhodnosti podmínek pro výskyt a šíření houbových chorob a vést záznamy o výsledcích prognózy, signalizace a uskutečněných ochranných opatřeních. Ošetření proti živočišným škůdcům se provádí na základě vyhodnocení výskytu, včetně využití prahu hospodářské škodlivosti. Přednostně se užívají nejvhodnější ekologické přípravky a ostatní prostředky k ochraně rostlin. Nesmí být překročen počet přípustných ošetření proti houbovým chorobám. Při výjimečné situaci výskytu dalších škodlivých organismů je nutno konzultovat způsob ochrany s odborným garantem. Musí být dodrženy ochranné lhůty pesticidů podle Seznamu registrovaných přípravků a dalších prostředků na ochranu rostlin a být respektovány zásady strategie řízení rezistence u problémových skupin pesticidů. Pesticidy, které nejsou doporučeny pro integrovanou produkci nesmějí být používány. Je rovněž zakázáno používat prostředky k desinfekci půdy, včetně nematocidů a užití vyššího množství čistého Cu^{2+} než 2 kg na hektar za jeden rok (ACKERMANN et al., 2010).

3.9.2 Péče o půdu ve vinici

Podstata péče o půdu spočívá v ozelenění vinic a to v různých intenzitách, doporučuje se každé druhé meziřadí. K alespoň částečnému ozelenění půdy v řadách nebo v doposud neozeleněných meziřadích by mělo dojít do podzimu. Ozelenění musí být pravidelně udržováno mulčováním, aby nedocházelo s révou ke konkurenčnímu boji o vodu. Kultivační práce a případné aplikace herbicidů je nutné ukončit nejpozději v srpnu a to z důvodu redukce vyplavování živin a omezení eroze během zimy a v předjaří. Aplikace herbicidů je omezena na minimum a celoplošné použití není povoleno, herbicidy kořenové a perzistentní jsou zakázány. Je nutná dostatečná nabídka nektaru a pylu kvetoucích bylin pro vytvoření intenzivního tlaku hmyzích parazitů a predátorů na populace škodlivých druhů. Nezbytný předpoklad pro vytvoření stabilních vazeb v agrosystému vinice je podnícen pestrostí bylinného společenstva (PAVLOUŠEK, 2011). Hnojení P, K, Mg musí být na základě výsledků z rozborů půdy, které musí být provedeny minimálně 1 x za 6 let. Doporučené dávky nesmějí být překročeny. Při hnojení dusíkem je zakázáno použít dávku vyšší než 50 kg č.ž. na hektar za jeden rok a při hnojení hnojem dávku vyšší než 40 t/ha (ACKERMANN et al., 2010).

3.10 EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ

Ekologické zemědělství je vyvážený agroekosystém trvalého charakteru. Jeho cílem je udržení úrodnosti půdy a rozvoj biodiverzity a edafonu. V Evropě i u nás je ekologické zemědělství uznávanou metodou, která je přesně definována zákonem (URBAN, ŠARAPATKA, 2003). Jde o šetrný způsob hospodaření, který dbá na životní prostředí a jeho jednotlivé složky stanovují zákazy či omezení při používání látek a postupů, které znečišťují a zatěžují životní prostředí anebo zvyšují rizika kontaminace potravního řetězce. Ohleduplné zpracovatelské postupy při výrobě biopotravin vylučují použití syntetických látek. (ŠARAPATKA, URBAN, 2006). Není povoleno používat syntetická minerální hnojiva, syntetické preparáty listové výživy a herbicidy (PAVLOUŠEK, 2011). Pouze ekologičtí zemědělci mohou své produkty označovat jako EKO či BIO. Jejich hospodaření je nutno kompenzovat dotacemi. Tento systém je uznáván spotřebiteli, ekonomy, politiky i vědci (URBAN, ŠARAPATKA, 2003). Příroda je chápána jako jednotný celek se svou vnitřní hodnotou a člověk má odpovědnost a morální povinnost provozovat zemědělství způsobem, který dělá kulturní krajinu harmonickou součástí přírody (PETR, DLOUHÝ,

1992). Ekologické zemědělství vytváří pracovní příležitosti a tím udržuje osídlení venkova a tradiční charakter zemědělské kulturní krajiny (ŠARAPATKA, URBAN, 2006).

3.10.1 Ekologické vinohradnictví

Ve srovnání s integrovanou produkcí, je ekologické vinohradnictví značně náročnější na úroveň vědomostí, zkušeností a podstatně náročnější na schopnost strategického uvažování (HLUCHÝ et al., 2007). V ekologickém vinohradnictví, které je zaměřeno na používání přirozených procesů a recyklace, jsou používány postupy ekologického zemědělství s cílem získání produkce hroznů a vín maximální možné kvality. Ekologická vinice je integrovaný systém konverze sluneční energie, vody a půdních živin do hroznů. Výsledkem je, že finální produkt reflektuje lokální podmínky, jako jsou hydrologické poměry, půda, mikroklima i tradiční vinohradnické postupy (<http://www.ekovin.cz/sekce-ekologicke-produkce/ekologicke-vinohradnictvi>).

Vinohrady ošetřované v ekologickém režimu se vyznačují ozeleněním minimálně 50 % meziřadí bylinnou vegetací. Musí být vyloučena jakákoli aplikace syntetických chemických pesticidů, hnojiv a zcela vyloučeny jsou herbicidy. Neozeleněné meziřadí a půda pod řadami révy jsou kultivovány mechanicky. Důraz je kladen na optimalizaci péče o půdu (BROKLOVÁ, RICHTER, 2011).

Muchová (2011) ve své práci uvádí, že díky většímu podílu organického prohnojování se v ekologickém režimu hospodaření uvolňují z půdy živiny pomaleji, což je pro rostliny a půdu výhodnější. Při ekologickém způsobu obhospodaření půdní biomasa udržuje větší zásoby fosforu, což vede k podpoře mykorhizy, která patří k půdním společenstvům, zlepšuje výživu rostlin a strukturu půdy. Zvýšení půdní biologické aktivity a biodiverzity má pozitivní přínos pro vyšší potravinové stupně zahrnující ptáky a větší zvířata. (<http://www.enviweb.cz/clanek/priroda/95685/biodiverzita-v-lokalitach-ekologickeho-zemedelstvi>).

3.10.2 Péče o půdu ve vinici

Půda je základem ekologického vinohradnictví. Ve fungujícím ekosystému existuje mezi rostlinou a půdou symbióza. Půdní život je vyživován rostlinou a rostlina půdním životem (SEDLO, 1994). Réva je rostlina závislá na kyslíku, na půdu utuženou bez kyslíku reaguje náchylností k chorobám a snižováním růstu. Proto jsou ty nejlepší vinice vysázeny

na lehčích a kamenitých půdách, protože je zde zaručena výměna plynů a zejména odvětrávání oxidu uhličitého, který je pro značnou část mikroorganismů jedem. Ani v ekologickém vinohradnictví není problém usměrňovat poměr uhlíku a dusíku, taktéž půdní vláhu v okolí kořenů révy (URBAN, ŠARAPATKA, 2003). Péče o půdu ve vinohradu by měla být složena z opatření skládajících se z osevu a z regulace rostlin, které působí jako kypřiče půdy, dále z regulace výskytu rostlin dodávající potřebné živiny do půdy a které vytvářejí vhodné prostředí pro hmyz. Z nepostradatelných mechanických opatření zejména z kypření půdy bez obrácení (URBAN, ŠARAPATKA, 2003). Zejména komposty zvyšují potenciál půd v potlačení patogenů, je tedy významné urychlení rozkladu listů révy a tím i odbourávání spor některých patogenních hub. Druhově bohatá bylinná vegetace v meziřadí vinice pozitivně ovlivňuje zdravotní stav révy, díky stabilizaci půdních poměrů (živiny, voda, symbiotické houby). Ozelenění musí být omezováno v růstu, aby nedošlo k negativnímu ovlivnění mikroklimatu vinice a k nadměrné konkurenci bylinné vegetace a révy (HLUCHÝ, 2007). Podle Gryndlera et al (2004) je společenstvo arbuskulárních mykorhizních hub podstatně ovlivňováno druhovou diverzitou rostlinného pokryvu.

Bylinná vegetace má mnoho funkcí:

- dodává půdě organickou hmotu, podmiňuje tak vysoký obsah humusu v půdě
- půda je chráněná před vodní erozí
- brání splachu živin po povrchu půdy a jejich vyplavování do spodních horizontů
- zlepšuje fyzikální vlastnosti půdy
- podporuje přítomnost mykorhizních hub na kořenech a v kořenech révy, její intenzivní fungování, mycelium je schopno zásobovat révu až 20 % vody a celoročně více než 50 % přijímaného fosforu v období sucha
- bobovité rostliny mohou obohatit půdu ročně o více než 100 kg dusíku na hektar, díky nitrofilním hlízkovitým bakteriím, které žijí v symbióze na jejich kořenech
- podmiňuje množství žížal, které prokypřují půdu, zpřístupňují rostlinám živiny a obohacují humusem i podorníční půdní horizont (HLUCHÝ et al., 2007)

K harmonickému růstu révy přispívá opatrné organické hnojení, kdy musí být zohledněna zásoba živin v půdě. Při vhodných operacích provedených na jaře je podporována mineralizace dusíku a tím je révě zajištěn jeho dostatek. Příliš pozdě nebo příliš mnoho dusíku podněcuje náchylnost révy k chorobám (*Oidium*, *Botrytis fuckeliana*) (HLUCHÝ, 2007). V ekologicky dobře vytvořeném systému vinice nastává samoregulace systému, to znamená udržování všech rostlin pocházející z ekosystému a nepřevažování a rozvíjení jiných rostlin (HAMPL, 1991).

V porovnání s integrovanou produkcí, spočívá ochrana v ekologické produkci především v prevenci. Jde o posilování vlastní obranyschopnosti pěstovaných keřů révy vinné o diverzifikaci ekosystému vinice a o stabilizaci celého agrosystému (MOSLEROVÁ, 2009).

Podle Dlouhého, 1981 jsou některé principiální rozdíly mezi ekologickým a konvenčním zemědělstvím shrnuty takto:

Ekologické zemědělství:

1. Kvalita je na prvním místě.
2. Biologická a ekologická rovnováha se klade před ekonomické požadavky.
3. Mnohostranný provoz.
4. Používání zejména organických statkových hnojiv.
5. Pěstitelský systém je prevencí proti výskytu škůdců, chorob a plevelů.

Konvenční zemědělství:

1. Upřednostňování kvantity.
2. Ekonomická rentabilita se klade před požadavky biologické a ekologické rovnováhy.
3. Silně specializovaný provoz.
4. Používání anorganických, lehce rozpustných hnojiv.
5. Používání pesticidů.

3.11 RÉVA VINNÁ

V celosvětovém měřítku je *Vitis vinifera* ekonomicky nejvýznamnější plodinou. Největší rozlohu zaujímají vinice v Evropě, následuje Asie a Amerika. Česká republika se řadí mezi malé vinařské země. Popularita vína stejně tak jeho spotřeba neustále narůstá, což vede k předpokladu dalšího rozvoje vinohradnictví. Tuzemské vinice se nachází ve dvou vinařských oblastech, tj. na Moravě a v Čechách. V Čechách jsou to dvě podoblasti – Litoměřická a Mělnická. Avšak většina plochy vinic se rozkládá v jižní části Moravy a dělí se na podoblast Mikulovskou, Velkopavlovickou, Znojemskou a Slováckou. Jednotlivé vinice se nachází ve viničních tratích, které patří vinařským obcím, těch je v České republice 384 (PAVLOUŠEK, 2011).

Historie pěstování révy vinné a následné výroby ušlechtilého nápoje sahá hluboko do historie lidstva. Mezi nejstarší naleziště dokazující její pěstování nebo výskyt, patří oblasti v údolích řek v Mezopotámii, údolím řeky Jordán a delta Nilu. Podle archeologických nálezů se datuje výskyt révy a výroby vína před více než 7,5 tisíci lety. Za pravlast révy se považuje území severozápadního Turecka, severního Iráku, Gruzie, Ázerbajdžánu a jižního Kavkazu. Většina dnešních komerčně pěstovaných odrůd má svůj původ právě v těchto lokalitách. Na našem území je vinohradnictví a vinařství spojeno s římskými expanzivními válkami na jižní Moravu. Pravděpodobně právě Římané přinesli do kraje pod Pálavou první rostliny a odstartovali tady cílenou výrobu vína (PAVLOUŠEK, 2005). Na Moravě byla réva pěstována i v éře Velké Moravy. Později nastal rozmach pěstování révy především velkou zásluhou Karla IV. Byly dovezeny kvalitní odrůdy z Francie a zároveň stanoveny podmínky pro rozvoj vinohradnictví. Byla ustanovena přesná pravidla výběru vhodných parcel, evidence viničních poloh, pravidla pro obchodování s vínem, udělování práv pěstovat révu spolu s daňovými zvýhodněními aj. (STANĚK, 1998). K další výsadbě vinic a výrobě vína dopomohla také velká činnost klášterních a městských vinic. Vyráběné víno se užívalo pro potřeby měst a k náboženským účelům (PAVLOUŠEK, 2005). Největší katastrofou pro české vinařství byla třicetiletá válka, kdy byla vypalována celá města, vesnice i vinice (SVOBODOVÁ, 2012).

3.11.1 Ekologické podmínky

Na růst a vývoj révy vinné velmi působí mikroklimatické a půdní podmínky, nadmořská výška vinice, její orientace ke světovým stranám a rozdělení srážek. Tento souhrn přírodních podmínek na kvalitu vína se označuje „terroir“.

Teplota

Teplota je pro révu vinnou určujícím a nejdůležitějším faktorem pro výběr stanoviště. Průměrná denní teplota 10 C je pro rostlinu aktivní teplota, kdy se začínají odvíjet životní děje v nadzemní části (KRAUS, 2012).

Sluneční záření

Důležitý faktor pro fotosyntézu, iniciaci a diferenciaci květenství, zrání a kvality hroznů.

Reliéf krajiny

Sklon svahů a orientace stanoviště ke světovým stranám ovlivňují příjem slunečního záření. Úhel dopadu působí na makroklima listové stěny, na ohřev půdy a zlepšení jejich drenážních vlastností. Rovinatá stanoviště představují nejmenší efektivnost příjmu slunečního záření, která se se stoupajícím sklonem svahu zvyšuje. Nejvýhodnější expozice jsou jihovýchodní, jižní a jihozápadní (PAVLOUŠEK, 2011).

Srážky

Úhrn srážek je důležitý jak celkový, tak i rozdělení během roku. Minimum je 300 mm vodních srážek za rok, optimální roční úhrn v severních vinohradnických oblastech je 600 – 800 mm. V révovém keři slouží voda jako transportní prostředek pro rozvod živin a představuje součást všech fyziologických procesů (PAVLOUŠEK, 2011 a KRAUS, 2012).

Nadmořská výška

Pěstování révy vinné je omezeno zeměpisnou šířkou. V závislosti na reliéfu krajiny se užívají pozemky do nadmořské výšky 250 – 300 m. Při zvýšení nadmořské výšky poklesne

průměrná cukernatost hroznů a zvýší se obsah kyselin (PAVLOUŠEK, 2011 a KRAUS, 2012).

3.11.2 Kořenový systém révy vinné

Rozvoj systému kořenů v půdě je ovlivňován půdním mikroklimatem. Optimální teplotou pro kořenový růst je 25 °C. Pro kořeny jsou nejdůležitější hlubší půdní vrstvy, kde jim optimální vlhkost umožňuje vytvářet nejmenší savé napětí. Velmi podstatné je provzdušnění půdy, jelikož směrem do hlouby klesá obsah kyslíku a zvyšuje se obsah oxidu uhličitého. Ve vrstvě hluboké 50 – 65 cm může být kolem 4 – 5 % CO₂, což je pro růst kořenů škodlivé (KRAUS et al., 2000). Kořeny mají za úkol podílet se na příjmu živin nepostradatelných pro rostlinu, zásobit organismy v půdě energií, zlepšovat půdní strukturu a připoutat rostlinu v půdním stanovišti. Při klíčení semene révy vznikají kořeny klíčící, zatímco kořeny adventivní (druhotné) se tvoří za příznivých podmínek z vegetativních částí řízků rostliny. Kořeny révy dosahují délky až několik metrů. Kořeny zahajují růst nejprve v teplejší horní části půdy a s oteplováním půdy se posouvá začátek růstu do spodnějších vrstev (SEDLO, 1994). Růst a uspořádání systému kořenů je ovlivňován mnoha faktory, kterými jsou např. genetické vlastnosti podnožové odrůdy, vývoj nadzemní části, spon výsadby, fyzikální a chemické vlastnosti půdy, vodní hospodaření půdy nebo závlaha, způsob ošetřování půdy ve vinici, výživa a hnojení (PAVLOUŠEK, 2011). Se zvětšujícím se tvarem kořene roste mohutnost celého kořenového systému a zvětšuje se hloubka kořenění. Čím jsou spon i tvar keřů révy větší, tím větší je kořenová soustava, rozvětvení kořenů je extenzivnější, takže kořeny prostupují půdou méně (KRAUS et al., 2000).

V pěstitelské praxi se réva rozmnožuje zásadně vegetativně. Nejpoužívanější je roubování ušlechtilých odrůd na podnože odolné k révokazu. Na kořenovém kmenu se vytváří tři typy kořenů – hlavní, vedlejší a povrchové (rosné). Hlavní kořeny se nachází na bazální části kořenového kmene a prorůstají směrem ke zdroji vody, zabezpečují tak její příjem z hlubších půdních vrstev. Vedlejší kořeny, které jsou nejvýznamnější, se tvoří až po výsadbě a vyrůstá na nich velký objem kořenového vlášení. Funkce kořenového vlášení je příjem vody a živin z půdy, čímž je zabezpečen kvalitní růst a vývoj keře. Rosné kořeny se rozrůstají těsně pod povrchem půdy, které je nutno 1 – 4 roky po výsadbě pravidelně odstraňovat (KRAUS et al., 2000).

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Popis lokality

Jako zástupce ekologického vinohradu, kde byly provedeny odběry potřebných vzorků, byla využita vinice v obci Popice, viniční tratě Panenský kopec, vinařství Gotberg, které je od roku 2007 v programu ekologického zemědělství a se svými celkem 45,5 hektary vinic se řadí k největším bioproducentům hroznů v České republice. Pěstují se odrůdy např. Pálava, Tramín červený, Ryzlink rýnský, Chardonnay, Sauvignon, Frankovka a další. Vinařství je zapojeno do česko-rakouského projektu ECOWIN, cílem je ochrana přírody ekologizací vinohradnictví.

Plně konvenční systém hospodaření se již v dnešní době téměř nevyskytuje. Dochází ke změnám na integrovaný systém produkce, kdy na základě prognózy a signalizace je redukován počet zásahů. Pro odběr potřebného materiálu mi posloužila vinice viniční tratě Kacířky. Ve výsledných grafech a použitých zkratkách označuji vinohrad jako konvenční, nic méně jak je již popsáno v literární části čistě konvenční způsob pěstování se vyskytuje zcela minimálně a i v námi zvolené lokalitě jde spíše o integrovaný systém.

4.1.1 Viniční trať Panenský kopec

Viniční trať Panenský kopec se nachází v obci Popice nedaleko Hustopečí. Viniční trať náleží do vinařské oblasti Morava, vinařská podoblast Mikulovská, vinařská obec Popice. Vinná réva se rozpíná na jílovito-sprašových půdách, které jsou bohaté na obsah vápníku. Průměrné roční srážky na této vinici jsou 516 mm, průměrná roční teplota je 9 °C (www.gotberg.cz). Nejvyšší bod se nachází 220 m nad mořem.



Obr. 2: Pohled na ekovinici

Zdroj: http://www.ovine.cz/web/document/rezvinarstvi_img/21-508.JPG

4.1.2 Viniční trať Kacířky

Viniční trať Kacířky se nachází nedaleko obce Nosislav v blízkosti řeky Svratky. Tato viniční trať se řadí do vinařské oblasti Morava, vinařská podoblast hustopečská, vinařská obec Nosislav. Pěstují se zde odrůdy Chardonnay, Müller Thurgau, Muškát moravský. Území středně členitého terénu přechází v kopcovitý s prudšími svahy zejména od severu k jihu. V tomto hospodářském obvodu se nachází nejvyšší bod 340 m nad mořem. Podloží je tvořeno horninami mladších třetihor, které dále východním směrem překrývá spraš. Na těchto horninách se vytvořily převážně černozemě silně smyté s jílovým půdním profilem. Průměrné roční srážky na této vinici jsou 532 mm, průměrná roční teplota je 8,8 °C, pH půdy 7,6, tedy slabě alkalická bez štěrku a kamení, půda hlinitá. Geologické podloží šedé a zelenošedé proměnlivé písčité slídnaté vápenité jíly (<http://www.vinetyart.cz/vinarstvi-znovin/vinicni-trat-kacirky>).



Obr. 3: Pohled na vinice viniční tratě Kacířky

Zdroj: <http://www.vinetyart.cz/vinarstvi-znovin/vinicni-trat-kacirky>

4.2 Odběr vzorků

Vzorky půdy a kořenů révy vinné byly odebrány v září 2013 z ekologicky obhospodařovaného vinohradu viniční tratě Panenský kopec v obci Popice a vinohradu viniční tratě Kacířky nedaleko obce Nosislav, kde se hospodaří v rámci integrované produkce (konvenční). Kořeny i půda byly získávány vždy z hloubek 30 a 60 cm. Každý přibližně 0,5 kg vážící monolit zeminy obsahující také kořeny révy byl následně vložen do igelitového sáčku a pečlivě popsán, ze které lokality a půdní hloubky byl získán. V ekologickém vinohradu byly odebrány celkem 4 varianty s různými agrotechnickými opatřeními a od každé varianty 4 opakování. První variantou byl odběr v meziřadí, kde byl udržován jednodruhový travní porost tvořen kostřavou. Druh vzorek byl získán z meziřadí osetého vícedruhovou travní směsí. Třetí sadou vzorků se stal půdní materiál z meziřadí bez jakéhokoliv porostu, z tzv. černého úhoru, udržovaného plečkováním. Poslední variantou v biovinici byl odběr půdního substrátu a kořenů v řádku révy vinné, tzv. příkmený pás. Odběry v konvenčně nebo spíše integrovaně obhospodařovaném vinohradu Kacířky probíhaly na stejném principu. Avšak všechny odebrané vzorky pocházely pouze z prostředí porostlého směsí trav, který se udržoval na celém honu.



Obr. 4: Odběrné místo v ekologické vinici, příkmený pás, foto M. Broklová

4.3 Zpracování vzorků

Získané odběry půdy a kořeny révy byly uloženy v lednici a následný den začaly být zpracovávány zvolenými laboratorními metodami. Z půdních vzorků byla stanovena sušina pro přepočítání počtu mikroorganismů na g suché půdy.

4.3.1 Stanovení intenzity kolonizace mykorhizními houbami

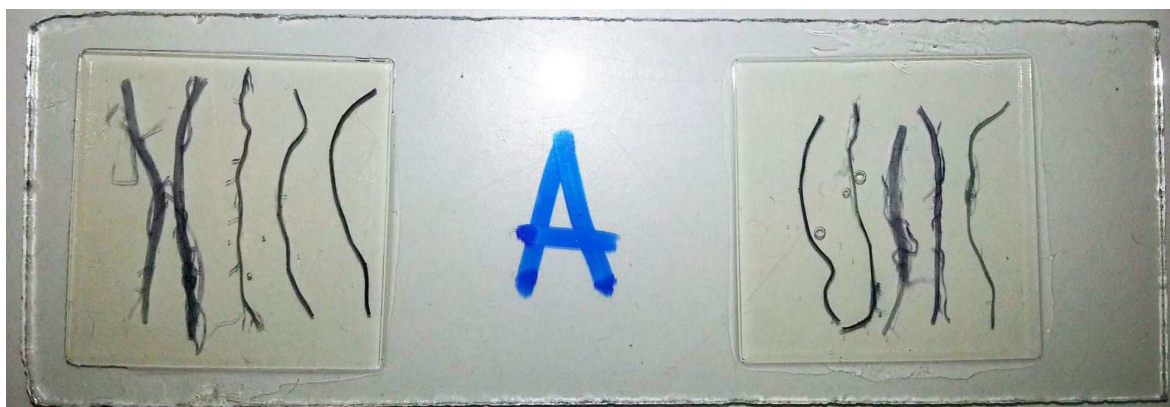
Stanovení výskytu mykorhizy a její intenzity bylo provedeno celkem na 26-ti vzorcích kořenů révy. Kořeny bylo potřeba nejdříve obarvit, aby bylo možné sledovat zastoupení jednotlivých morfologických struktur houby v kořenu.

4.3.2 Postup barvení kořenů pro stanovení mykorhizní kolonizace

Kořeny révy byly očištěny od zeminy a omyty vodou. Každý vybraný kořen byl nastříhán na 10 segmentů o délce 1-2 cm. Bylo potřeba kořeny projasnit v roztoku 10 % KOH umístěném 1 hodinu při 90°C v sušárně. Následně byly kořeny opět promyty pod tekoucí vodou a silně pigmentované segmenty bylo nutno vybělit alkalickým H₂O₂ a po uplynutí 30 minut opět propláchnuty vodou. Pro okyselení byly po dobu 1 hodiny kořeny namočeny do 1 % HCl a bez promytí vodou barveny 0,05 % trypanovou modří v laktoglycerolu 1 hodinu při 90°C v sušárně. Na závěr byly kořínky naposledy promyty tekoucí vodou. Vzorčky byly skladovány v laktoglycerolu a přichystané k pozorování pod mikroskopem za účelem zjištění prezenze mykorhizních hub a jejich intenzity. Pro pozorování byl použit elektrický světelný mikroskop Olympus CX41.

Jednotlivé segmenty daného kořenového vzorku byly pozorovány pod mikroskopem při zvětšení 200 x celkem v 10-ti zorných polích. Vyskytly-li se v zorném poli hyfy, vezikuly či arbuskuly, příslušný úsek kořene byl vyhodnocen jako kolonizovaný a tedy přítomnost (+). V opačném případě, při absenci mykorhizy, byl vzorek vyhodnocen jako nekolonizovaný a označen (-) nepřítomnost. Výsledky byly zaznamenány do připravených tabulek a výsledné procento kolonizace spočítáno dle vzorce:

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



Obr. 5: Obarvené segmenty kořene révy připravené k pozorování pod mikroskopem

4.3.3 Stanovení počtu mikroorganismů jednotlivých fyziologických skupin

Pro kultivační stanovení vybraných fyziologických skupin mikroorganismů byla použita desková neboli plotnová metoda, která spočívá ve zjišťování počtu vyrostlých kolonií na ztužených půdách (DEMNEROVÁ, 2001).

Pomocí plotnové metody byly kvantitativně stanoveny následující fyziologické kultivační skupiny mikroorganismů:

- celkový počet mikroorganismů (CPM),
- celkový počet sporulujících mikroorganismů (SP),
- počet mikromycet (PL),
- počet aktinomycet (AKT),
- počet mikroorganismů fixujících dusík (FIX).

Byla využita zřed'ovací metoda, jejímž principem je extrakce mikroorganismů z prostředí, jejich zředění v destilované vodě a roztěr na agarovou misku s vhodným médiem. Po kultivaci mikroorganismů byly spočítány vyrostlé kolonie a přepočítány na počet mikroorganismů v původním vzorku suché půdy. Výsledné číslo udává počet kolonií tvořících jednotky na gram sušiny ($KTJ \cdot g_{suš.}^{-1}$).

Pro jednotlivé skupiny byla použita následující kultivační média:

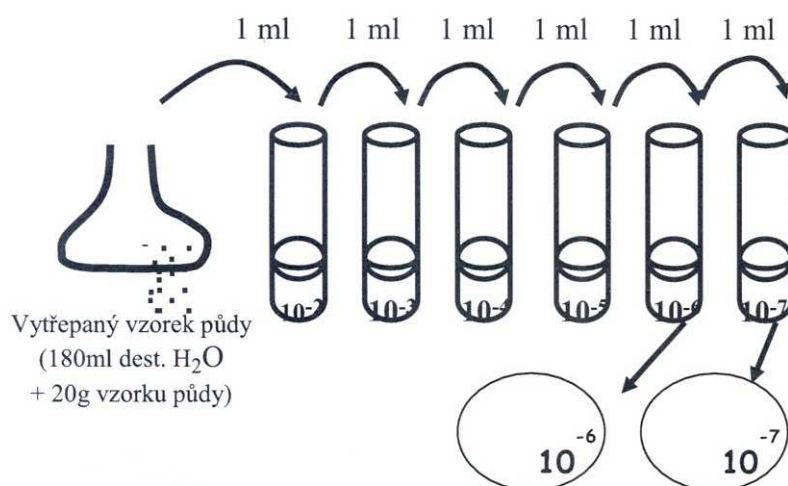
- celkový počet mikroorganismů: MPA (masopeptonový agar), ředění 10^{-7} a 10^{-6}
- celkový počet sporulujících mikroorganismů: MPA (masopeptonový agar), ředění 10^{-6} s dvojitým opakováním
- mikromycety (plísňe): Czapkův agar, ředění 10^{-5} a 10^{-4}
- aktinomycety: škrobový agar, ředění 10^{-4} a 10^{-3}
- fixátoři dusíku: Ashbyho agar, ředění 10^{-3} a 10^{-2}

Postup práce

Izolace mikroorganismů byla provedena pomocí Kochovy zředovací metody. 20 g vzorku zeminy bylo vsypáno do Erlenmeyerovy baňky se skleněnými perlami, ve které bylo nalito 180 ml destilované vody. Všechny 26 vzorků půdy bylo postupně homogenizováno 20 minut na třepačce. Z takto vzniklé naředěné suspenze byl proveden desítkový systém ředění o výsledné koncentraci 10^{-2} až 10^{-7} . Sterilní pipetou byl odebrán z Erlenmeyerovy baňky 1 ml výluhu a napipetován do připravené sterilní zkumavky obsahující sterilní destilovanou vodu. Tato první zkumavka obsahovala zředěnou suspenzi v konečné koncentraci 10^{-2} . Ze zkumavky označené 10^{-2} byl opět sterilní pipetou odebrán 1 ml roztoku a přenesen do další připravené sterilní zkumavky s destilovanou vodou, vzorek byl zředěn na koncentraci 10^{-3} . Stejným postupem ředění se došlo až ke konečnému zředění výluhu o koncentraci 10^{-7} . Při tomto postupu vzniklo z 26 vzorků půdy celkem 182 zkumavek. Z jednotlivých zkumavek o různé koncentraci vzorku byl odpipetován 1 ml a zalit patřičnou rozehrátou tekutou agarovou živnou půdou v Petriho miskách. Misky byly pečlivě popsány číslem vzorku a typem agaru, pro každou fyziologickou skupinu v každém odebraném vzorku byla udělána 4 opakování. Petriho misek bylo celkem 260.

Po týdenní kultivaci při teplotě 22°C byly vzniklé kolonie na živném mediu spočítány a následně vyhodnoceny.

Získaná data stanovení kolonizace mykorhizními houbami byla statisticky zpracována prostřednictvím programu STATISTICA a byl použit dvou-výběrový t-test. V rámci ekologické vinice bylo počítáno s výsledky variant Kostřava a Zatravnění. Výsledky stanovení počtu půdních mikroorganismů jednotlivých fyziologických skupin byly graficky zpracovány programem Microsoft Excel 2013 a vyjádřeny prostřednictvím sloupcových grafů.



Obr. 6 Schematické znázornění postupu zřed'ovací metody



Obr. 7: Názorná ukázka Petriho misek připravených ke kultivaci

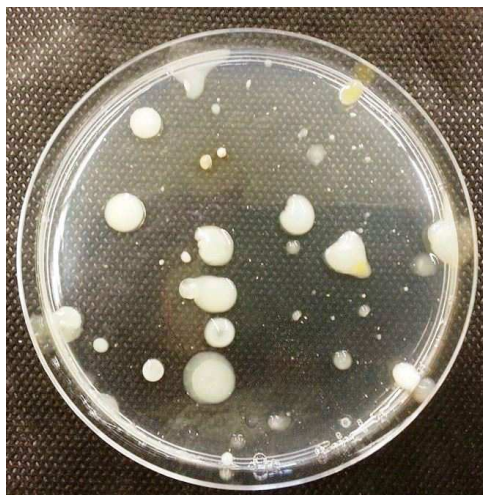
5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Stanovení počtu mikroorganismů jednotlivých fyziologických skupin

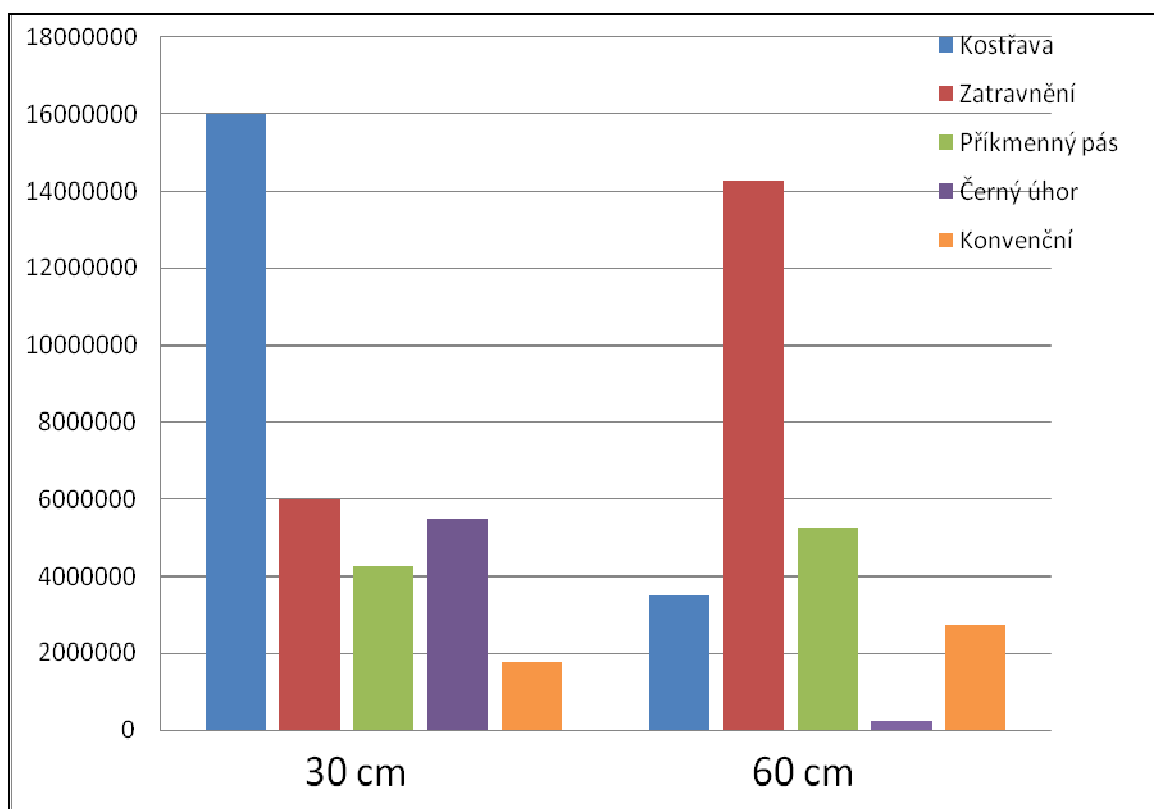
Výsledné průměry počtů všech testovaných fyziologických skupin mikroorganismů a to ve všech pozorovaných variantách získaných z obou lokalit zvolených vinogradů jsou graficky znázorněny v grafech (Obr. 10, 11, 12, 13, 14).



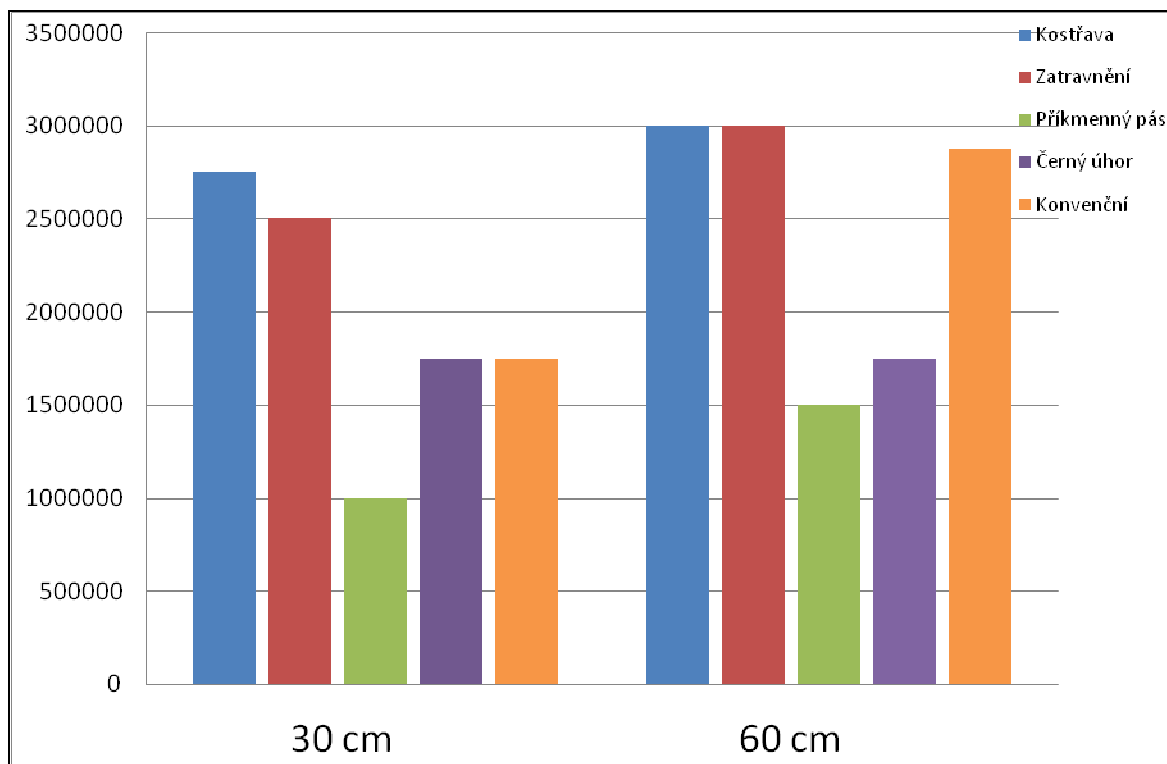
Obr. 8: Petriho misky s kultivací mikromycet (PL) na Czapekově agaru



Obr. 9: Ukázka výsledné kolonizace skupiny mikromycet při ředění 10^{-4} , kultivační medium Czapekův agar



Obr. 10: Celkový počet mikroorganismů (CMP)



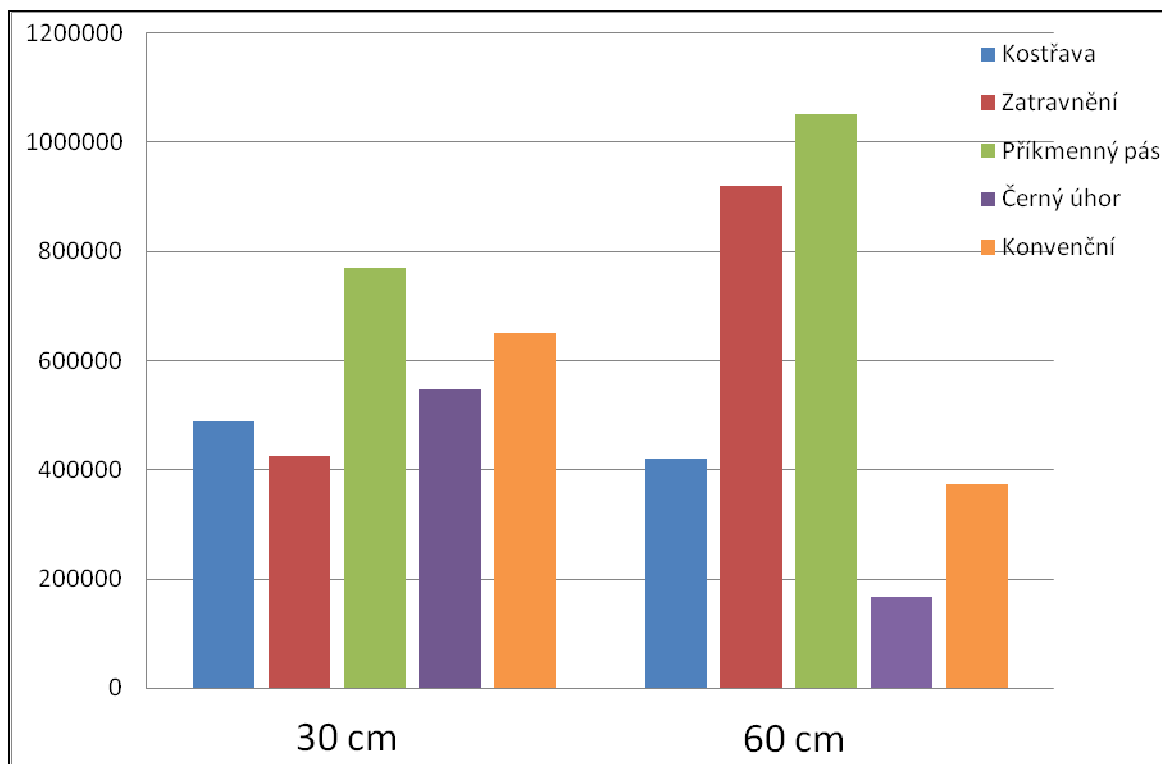
Obr. 11: Počet sporulujících mikroorganismů (SP)

Sledujeme-li celkový počet mikroorganismů (CPM) zjišťovaný v hloubce 30 cm (Obr. 10) vidíme, že nejvíce mikroorganismů bylo v půdě ve variantě ekologického vinohradu zatravněného kostřavou ($16\,000\,000\text{ KTJ} \cdot \text{g}_{\text{suš.}}^{-1}$), méně pak v dalších variantách v ekologickém vinohradu. Nejmenší celkový počet mikroorganismů v této hloubce byl však nalezen v konvenčně ošetřovaném vinohradu. Podobně je tomu i v hloubce 60 cm, kde největší počet mikroorganismů byl nalezen ve směskou zatravněném meziřadí v ekologickém vinohradu, vyšší oproti hodnotám zjištěným v konvenčně ošetřovaném vinohradu bylo toto množství i u dalších dvou variant ekologického vinohradu. I Václavík (2006) poukazuje na řadu studií, které prokázaly, že ekologický režim obhospodařování je provázen větší mikrobiální biomasou, podporuje mikrobiální aktivitu, která zvyšuje zásobu živin, snižuje vyplavování živin a je nápomocná při ochraně proti půdním škůdcům. Biologická aktivita je důležitým indikátorem dekompozice organické hmoty v půdě.

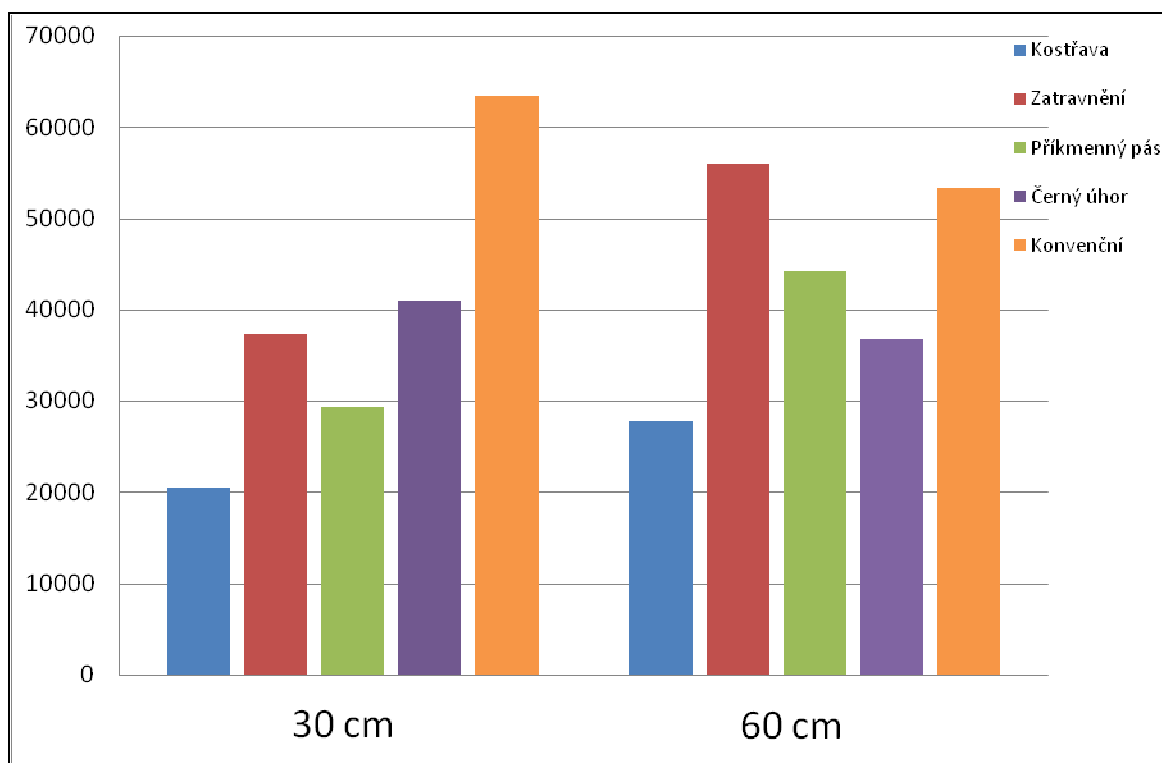
Nejmenší hodnoty však byly nalezeny ve variantě Černý úhor, což by mohlo být způsobeno menším množstvím rhizosferních míst, kde bývá mnohem bohatší mikrobiální život, v důsledku nepřítomnosti rostlin v meziřadí u černého úhoru. Ovšem takto výrazně nízké hodnoty celkového počtu mikroorganismů (250 000) oproti ostatním variantám mohou být způsobeny určitými chybami při práci v laboratoři (např. zalití příliš horkou agarovou živnou půdou u této varianty).

Nejvyššího počtu sporulujících mikroorganismů (SP) bez ohledu na hloubky odběru bylo dosaženo ve variantách s kostřavou a při zatravnění směsí trav představujících zástupce ekologického hospodaření (Obr. 11). V hloubce 60 cm se však počet mikroorganismů této kategorie ve vzorcích z konvenčního vinohradu blížil hodnotám ve výše uvedených variantách ekologického hospodaření a některé (varianty Příkmenný pás a Černý úhor v ekologickém vinohradu) i předčil. Nebyl zde tedy tak velký rozdíl mezi dvěma typy obhospodařování.

V množství stanovených počtů mikromycet z hloubky 30 cm ve vzorcích z ekologicky a konvenčně obhospodařovaného vinohradu nebyl podstatný rozdíl (Obr. 12), v hloubce 60 cm bylo množství houbových mikroorganismů nižší v konvenčně obhospodařeném vinohradu oproti většině variant z ekologického vinohradu.

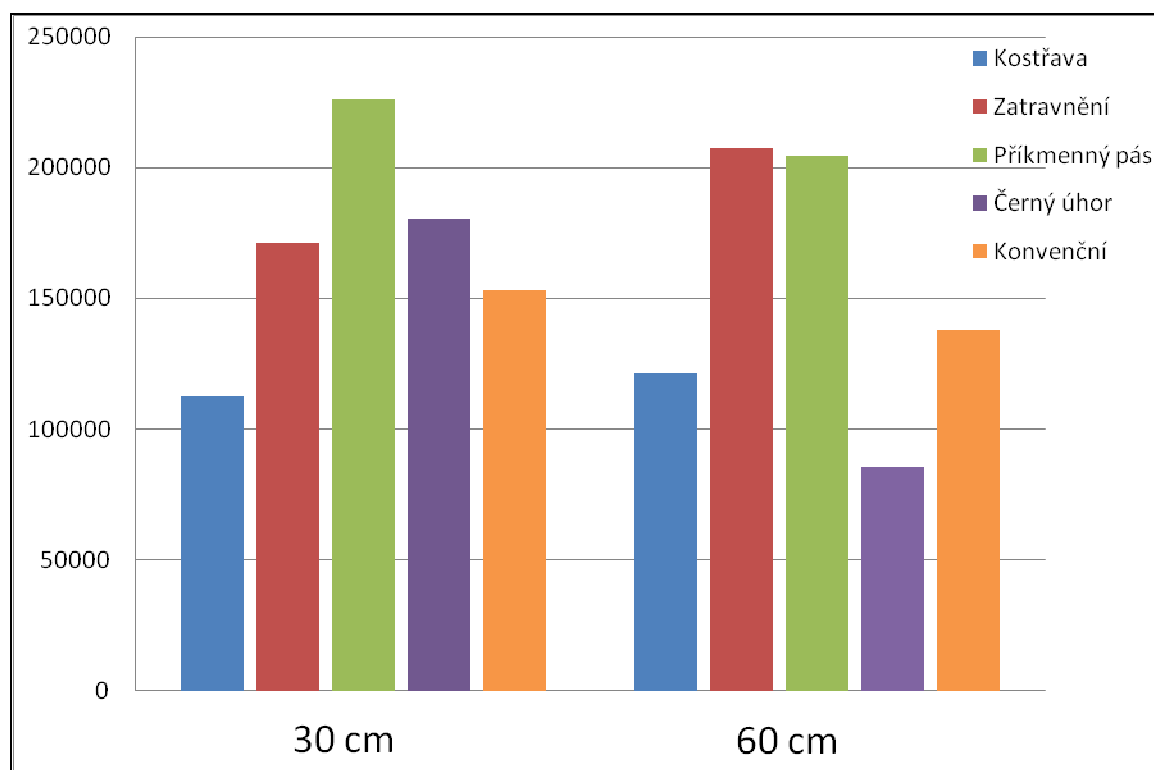


Obr. 12: Průměrný počet mikromycet (PL)



Obr. 13: Průměrný počet aktinomycet (AKT)

Průměrný počet aktinomycet v půdě v hloubce 60 cm se nijak výrazně nelišil v ekologicky a konvečně obhospodařovaném vinohradu (Obr. 13) a v hloubce odběru 30 cm bylo v konvečním vinohradu aktinomycet dokonce více, než ve všech variantách ekologicky hospodařícího vinohradu.



Obr. 14: Průměrný počet mikroorganismů fixujících dusík (FIX)

Počet mikroorganismů schopných poutat vzdušný dusík byl v hloubce odběru 30 vyšší ve variantách ekologicky obhospodařovaného vinohradu (kromě varianty Kostřava), než v konvečním vinohradu, a může tak dotovat porosty dusíkem, který není v ekologickém obhospodařování doplňován průmyslovými hnojivy. V hloubce 60 cm byly počty fixátorů dusíku při porovnání všech variant v konvečním vinohradu zhruba uprostřed stanovené škály (Obr. 14).

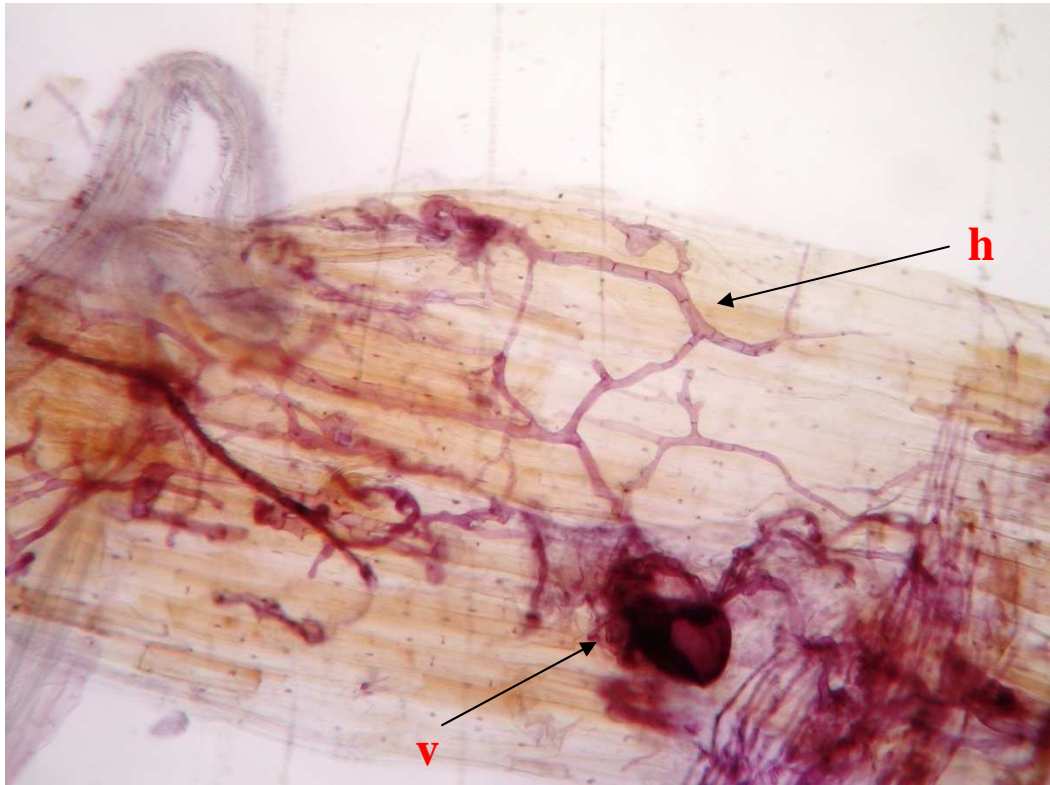
5.2 Stanovení intenzity kolonizace mykorhizními houbami

Při srovnání dvou typů zkoumaných vinogradů ukazují výsledky získané při stanovení kolonizace kořenů mykorhizními houbami v hloubce 60 cm (Obr. 21) největší kolonizaci ve variantě se zatravněním různými druhy ve směsi z ekologicky obhospodařovaného vinohradu, ovšem jen o něco menší procento kolonizace bylo

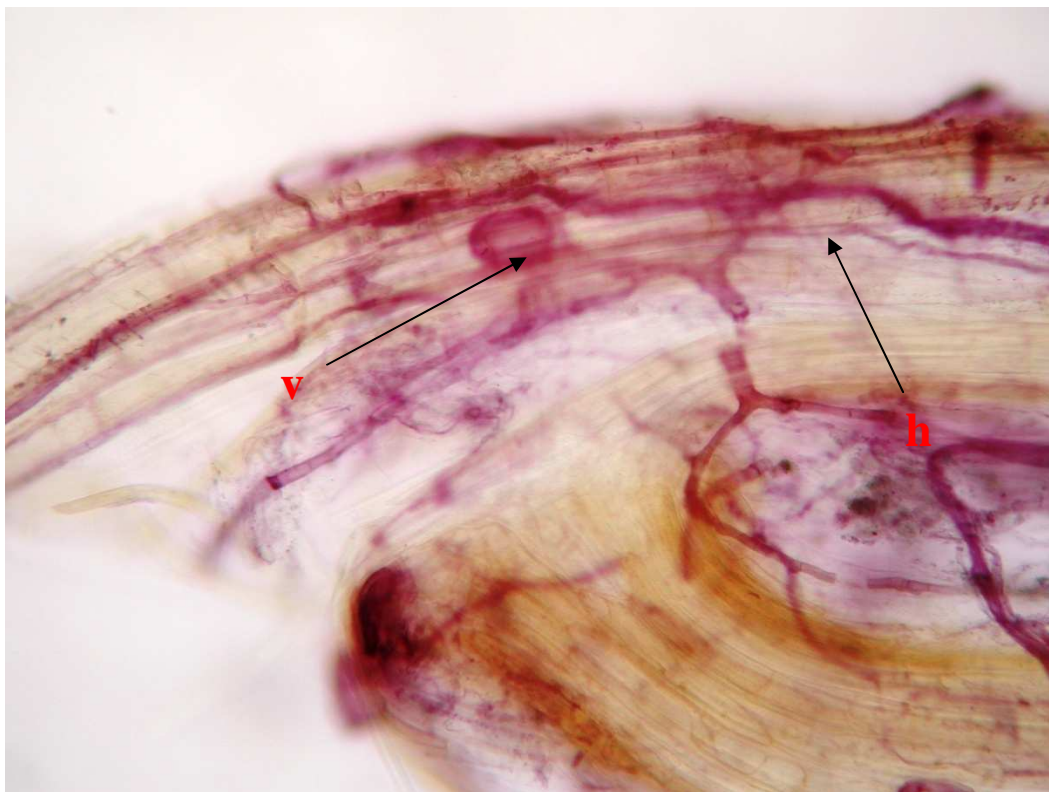
nalezeno v konvečním vinohradu. Nejnižší kolonizace mykorhizními houbami však byla zjištěna ve variantě Příkmenného pásu ekologického vinohradu. Zde by paradoxně mohlo sehrát roli případné používání některých povolených postřiků na bázi síry a mědi, které mohou zakapávat do půdy v místě pod keři a perzistovat v ní. Tyto přípravky (měďnaté) nemohou být rozloženy půdními mikroorganismy a v místě pod keři se mohou kumulovat. Přípravky mohou potlačovat právě některé houby, které na ně můžou být citlivé včetně hub mykorhitických. Procento kolonizace kořenů arbuskulárními mykorhizními houbami v hloubce 30 cm (Obr. 20) je nejvyšší ve vinohradu konvenčně obhospodařovaném. Tento fakt potvrzují obrázky 17, 18 a 19, kde byly vzaty z ekologického vinohradu jen průměry hodnot variant se zatrávněním (kostřava a směs trav) k porovnání s konvenční vinicí (také zatrávněno), kde míra kolonizace kořenů je zde vyšší oproti ekologické vinici.

Zjištěné výsledky všech sledovaných parametrů naznačují jisté trendy, avšak potvrdit jednoznačně stanovenou hypotézu, že v ekologicky obhospodařovaném vinohradu je předpokládán výraznější výskyt půdních mikroorganismů a intenzivnější kolonizace kořenů révy vinné arbuskulární mykorhizou v plném rozsahu potvrdit nelze. Podobně Kauer a kol. 2010 při stanovování biologické aktivity půdní bioty v rozdílně obhospodařovaných vinicích (integrovaně a biologicky ošetřované vinohrady) nedospěly k jednoznačným rozdílům ve všech sledovaných parametrech.

Vyslovení jednoznačných závěrů v našem případě brání jiná situace v jednotlivých vinicích (rozdíly v dílčích agrotechnických opatřeních, neboť každá ze dvou lokalit patří jinému hospodářickému subjektu) a určité rozdíly v klimatických a pedologických poměrech na sledovaných vinicích. Důvodem malých rozdílů v některých jednotlivých parametrech může být také to, že v konvečních vinohradech se prakticky uplatňuje integrovaný systém obhospodařování, kdy se například výrazně snižuje počet aplikací pesticidů, čímž se mohou přibližovat vinohradům ekologicky ošetřovaným. Je třeba si uvědomit, že se pracuje s živým materiálem, s jeho obrovskou variabilitou a ke konečnému potvrzení či vyvrácení hypotézy by bylo potřeba sledovat stav půdní bioty v průběhu několika let, ale i s více odběry v průběhu roku (nebylo nám to umožněno z důvodu značného zásahu ve vinohradu při kopání hlubokých jam), neboť dynamika rozvoje půdních mikroorganismů je v průběhu roku vlivem měnících se podmínek značná. Například Badalíková a Šafránková (2013) zaznamenali ve vinohradech s různým způsobem obhospodařováním výrazné výkyvy v počtech určitých půdních mikroorganismů v průběhu různých let.



Obr. 15: Kolonizace kořenu révy vinné arbuskulární mykorhizní houbou, zv. 200x. v – vezikula, h - hyfa

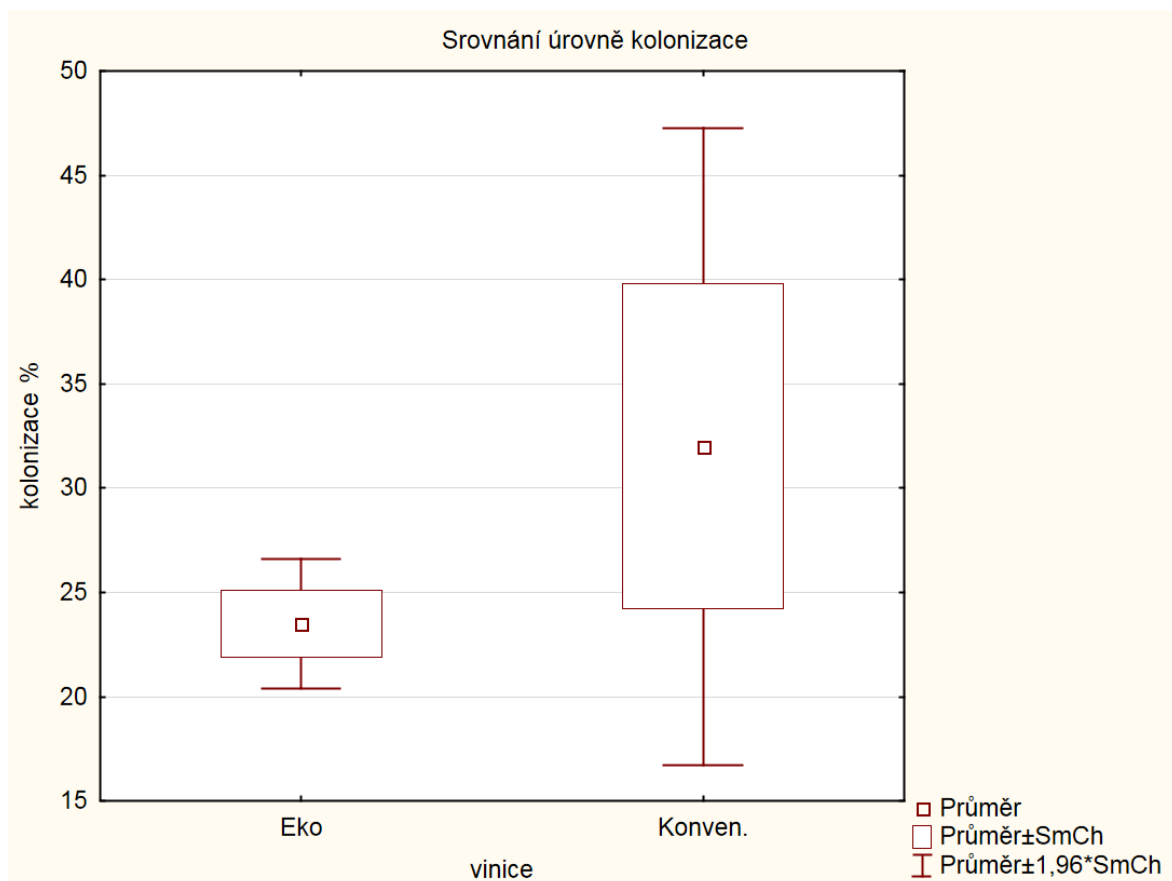


Obr. 16: Kolonizace kořenu vinné révy arbuskulární mykorhizní houbou, zv. 200x, v – vezikula, h - hyfa

Tab. 1: Výsledné hodnoty dvou-výběrového t-testu pro obrázek grafu Srovnání výskytu mykorhizy u kořenů odebraných v hloubce 30 cm v ekologicky a konvenčně obhospodařovaném vinohradu

t-testy; grupováno: vinice (Tabulka1)
 Skup. 1: Ekologické
 Skup. 2: Konvenční

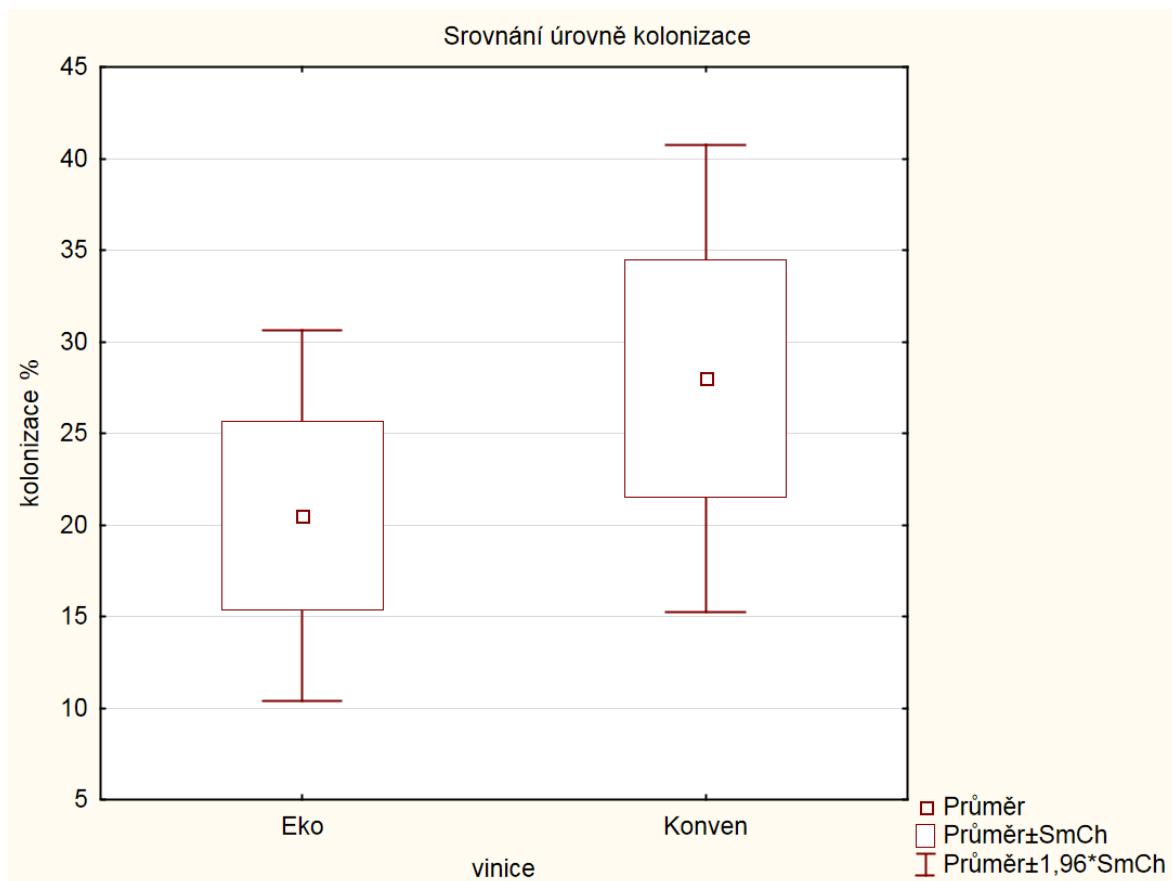
Proměnná	Průměr Ekologické	Průměr Konvenční	t	sv	p	Poč. plat Ekologické	Poč. plat Konvenční	Sm.odch. Ekologické	Sm.odch. Konvenční	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
kolonizace	23,50000	32,00000	-1,48814	10	0,167555	8	4	4,503967	15,57776	11,96244	0,007642



Obr. 17: Srovnání výskytu mykorhizy u kořenů odebraných v hloubce 30 cm v ekologicky a konvenčně obhospodařovaném vinohradu

Tab. 2: Výsledné hodnoty dvou-výběrového t-testu pro obrázek grafu Srovnání výskytu mykorhizy u kořenů odebraných v hloubce 60 cm v ekologicky a konvenčně obhospodařovaném vinohradu

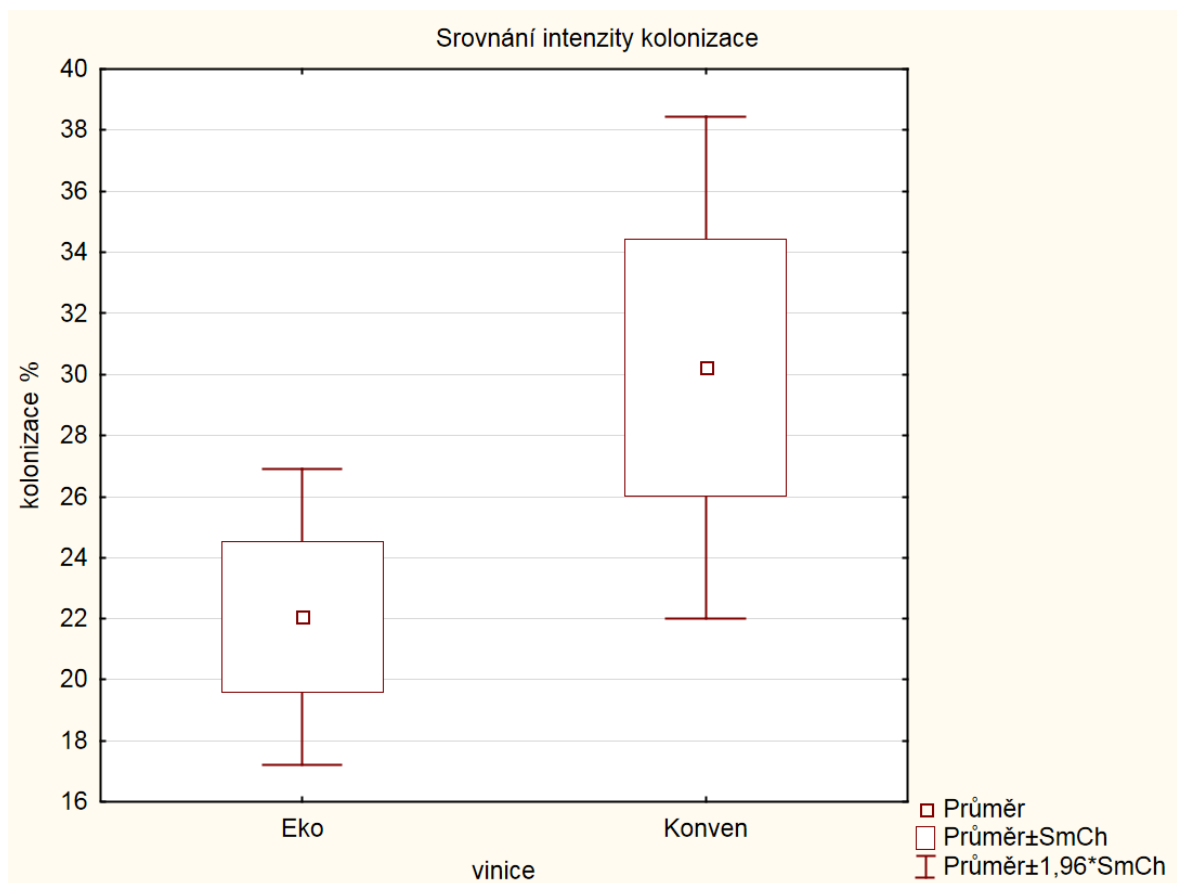
Proměnná	Průměr		t	sv	p	Poč. plat. Ekologické	Poč. plat. Konvenční	Sm.odch. Ekologické	Sm.odch. Konvenční	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
	Ekologické	Konvenční									
kolonizace	20,50000	28,00000	-0,867327	10	0,406094	8	4	14,57983	12,98717	1,260305	0,929658



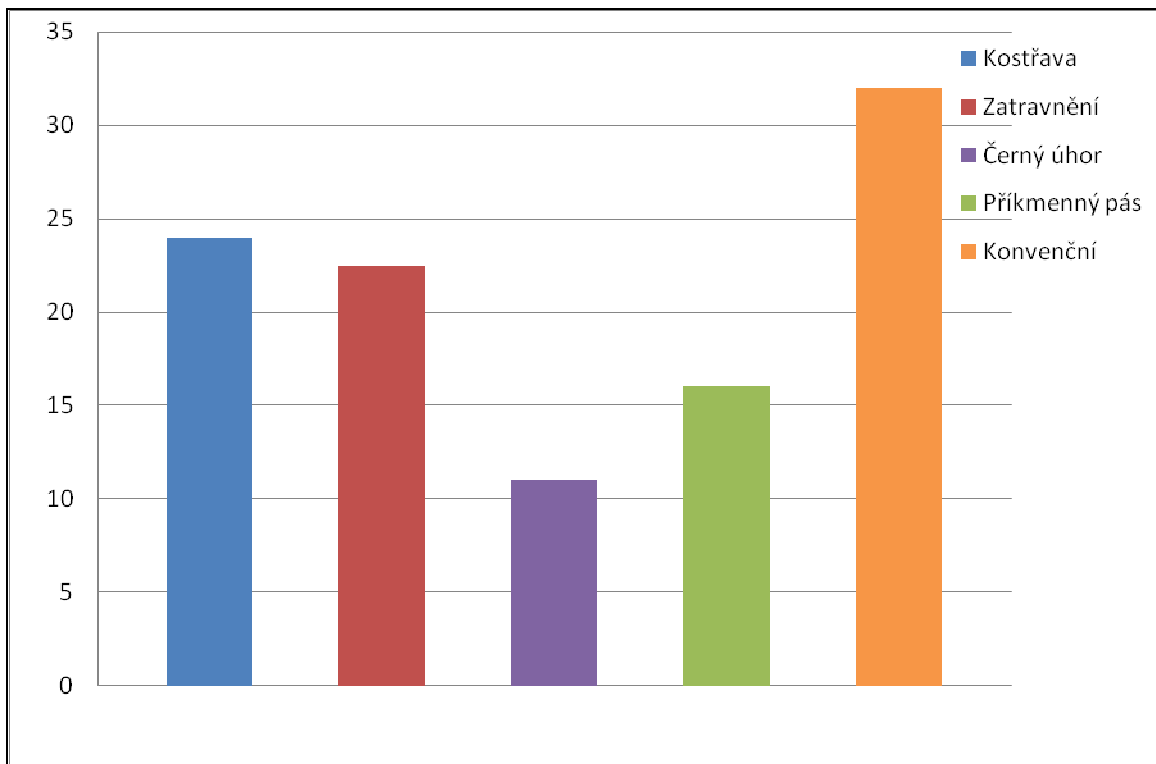
Obr. 18: Srovnání výskytu mykorhizy u kořenů odebraných v hloubce 60 cm v ekologicky a konvenčně obhospodařovaném vinohradu

Tab. 3: Výsledné hodnoty dvou-výběrového t-testu pro obrázek grafu Srovnání výskytu mykorhizy u kořenů v ekologicky a konvenčně obhospodařovaném vinohradu

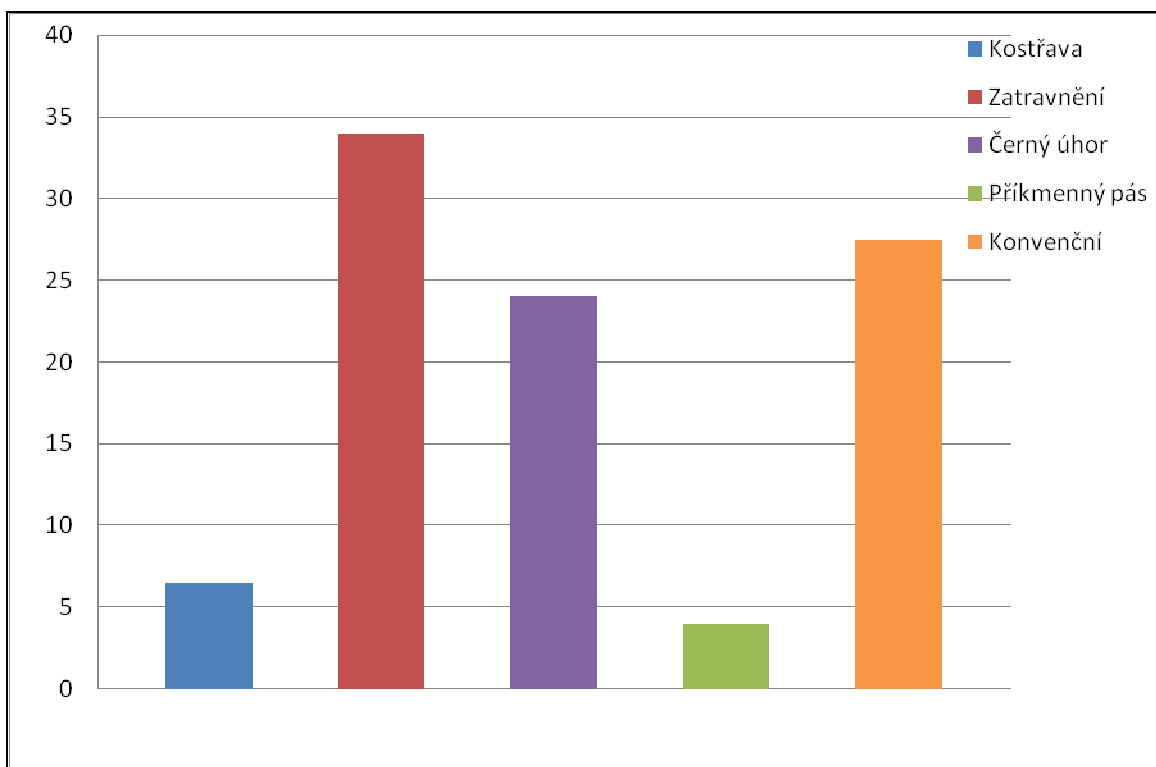
t-testy; grupováno: vinice (Tabulka4)											
Skup. 1: Ekologické											
Skup. 2: Konvenční											
Proměnná	Průměr Ekologické	Průměr Konvenční	t	sv	p	Poč. plat Ekologické	Poč. plat Konvenční	Sm.odch. Ekologické	Sm.odch. Konvenční	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
kolonizace	22,05882	30,22222	-1,79028	24	0,086034	17	9	10,20705	12,59740	1,523216	0,450389



Obr. 19: Srovnání výskytu mykorhizy u kořenů v ekologicky a konvenčně obhospodařovaném vinohradu.



Obr. 20: Procentuální vyjádření výskytu mykorhizy všech variant kořenů odebraných v hloubce 30 cm



Obr. 21: Procentuální vyjádření výskytu mykorhizy všech variant kořenů odebraných v hloubce 60 cm

6 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit terénní odběry půdy a kořenů révy vinné z hlediska srovnání přítomnosti mikroorganismů a kolonizace kořenů mykorhizními houbami ve vinohradech s ekologickým a konvenčním typem obhospodařování. Výsledky předložené v této práci ukazují na zlepšené parametry v prezenci půdních mikroorganismů různých fyziologických skupin v ekologicky obhospodařovaných vinicích oproti vinohradům ošetřovaným konvenčně jen v některých sledovaných kategoriích, například celkový počet mikroorganismů zde byl větší. Někdy se hodnoty nijak výrazně nelišily a v některých kritériích dosahovaly vyšších hodnot vzorky z vinohradu konvenčního, především se to týkalo míry kolonizace kořenů arbuskulárními mykorhizními houbami v hloubce 30 cm.

Důvodem neúplného potvrzení stanovené hypotézy mohou být určité rozdíly v klimatických a pedologických poměrech na sledovaných vinicích. Také je třeba si uvědomit, že prezentované výsledky vychází pouze z jednoho odběru vzorků, což při obrovské variabilitě v dynamice rozvoje půdních mikroorganismů, která je během několika let ale i v průběhu jednoho roku vlivem měnících se podmínek značná, je nedostatečné a proto by bylo vhodné tato pozorování opakovat v dalších letech. Další příčinou nejednoznačných rozdílů v jednotlivých parametrech půdní bioty může být také to, že v konvenčních vinohradech se prakticky uplatňuje integrovaný systém obhospodařování, kdy se například výrazně snižuje počet aplikací pesticidů, čímž se přibližují svými podmínkami vinohradům obhospodařovaným ekologicky.

7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

- ACKERMANN, P., HLUCHÝ, M., RICHTER, T. (2010): Směrnice integrované produkce hroznů. Svaz integrované a ekologické produkce hroznů a vína o.s., Ekovín, Brno
- ALLEN, M. F. (2007): Mycorrhizal Fungi: High wals for Water and Nutrients in Arid Soils. *Vadose Zone Journal* 6: 291-297.
- BADALÍKOVÁ, B., ČERVINKA, J. (2012): Vliv zapravení štěpky z révy vinné na mikrobiální aktivitu půdy. *Vinař-sadař*. 2012. č.2, s. 10-13.
- BADALÍKOVÁ B., ŠAFRÁNKOVÁ I. (2013): Vliv zapravení štěpky z vinné révy na půdní prostředí a fytopatogeny. *Metodika* 21/13. Zemědělský výzkum, spol. srov.o., Troubsko. ISBN 978-80-905080-6-4
- BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P., VANĚK, V., PAVLÍK, M. (2008): Mobilita prvků a látek v rhizosféře. Česká zemědělská univerzita v Praze, fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, Praha, 150 s.
- BJÖRKMAN E. (1960): *Monotropa hypopitys* L. – an epiparasite on tree roots. *Physiologia Plantarum* 13: 308-327 In: GRYNDLER, M. (2009): Mykorhiza v lesích a možnosti její podpory. Sborník referátů. Česká lesnická společnost, Praha, 60 s.
- CARDON, Z. G., WHITBECK, J., L. (2007): The rhizosphere: an ecological perspective. Elsevier Academic Press, Amsterdam, 212 s.
- COX, G., MORAN K. J., SANDERS, F., NOCKOLDS, C., TINKER, P. B. (1980): Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular myccorhizas, III. Polyphosphate granules and phosphorus translocation. *New Phytologist* 84: 649-659.
- ČERNOHORSKÝ, Z. (1973): Základy soustavné botaniky I. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 188 s.
- DEMNEROVÁ, K. (2001): Laboratorní cvičení z mikrobiologie. 3. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 179 s.
- FJODOROV, M.V. (1957): Půdní mikrobiologie. Československá akademie zemědělských věd ve státním zemědělském nakladatelství Praha In: MILLEROVÁ, K. (2012): Vliv růst

podporujících rhizosférických mikroorganismů na rostliny. Bakalářská práce, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 63 s.

GEBAUER, G., MEYER, M. (2003): N-15 and C-13 Natural Abundance of Autotrophic and Mycoheterotrophic Orchids Provides Insight Into Nitrogen and Carbon Gain From Fungal Association. *New Phytologist*, 160: 209-223.

GRYNDLER, M. (2000): Sborník 7. metodického semináře: Interakce půdních mikroorganismů, bezobratlých a kořenů rostlin. Křišťůfek, V., Elhottová, D., Frouz, J.,

GRYNDLER, M. (2009): Mykorhiza v lesích a možnosti její podpory. Sborník referátů. Česká lesnická společnost, Praha, 60 s.

GRYNDLER, M., BALÁŽ, M., HRŠELOVÁ, H., JANSÁ, J., VOSÁTKA, M. (2004): Mykorhizní symbióza: O soužití hub s kořeny rostlin. Academia, Praha, 366 s.

HAGERMAN, S. M., SAKAKIBARA, S. M., DURALL, D. M. (2001): The potential for woody under story plants to provide refuge for ectomycorrhizal inokulumataninteriorDouglas-firforestafterclear-cutlogging. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 711-721 In: GRYNDLER, M., BALÁŽ, M., HRŠELOVÁ, H., JANSÁ, J., VOSÁTKA, M. (2004): Mykorhizní symbióza: O soužití hub s kořeny rostlin. Academia, Praha, 366 s.

HAJŠLOVÁ, J., SCHULZOVÁ, V. (2006): Porovnání produktů ekologického a konvenčního zemědělství. Odborná studie VŠCHT , Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha, 23 s.

HAMPL, U. (1991): Bodengesundung – praktische Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt Bodenentwicklung. SÖL Bad Dürkheim, 36 s.

HLUCHÝ, M. (2007): Ochrana révy vinné v ekologickém vinohradnictví před hlavními chorobami a škůdci. Praktická příručka č.5. Bioinstitut, Olomouc, 16 s.

HLUCHÝ, M., ACKERMANN, P., ZACHARDA, M., LAŠTŮVKA, Z., BAGAR, M., JETMAROVÁ, E., VANEK, G., SZÖKE, L., PLÍŠEK, B. (2007): Ochrana ovocných dřevin a révy v ekologickém a integrované produkci. FINIDR, Český Těšín, Biocont Laboratory spol. s.r.o., Brno

HORAN, D. P., CHILVERS, G. A., LAPEYRIE, F. F. (1988): Timesequenceoftheinfectionprocess in Eucalyptectomycorrhizas. *New Phytologist* 109

- JOHNSON, N. C., GRAHAM, J.H., SMITH, F. A. (1997): Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. *New Phytologist* **135**: 575-586.
- KABRHELOVÁ, Z., ZÁHORA, J. (2009): Spore germination of two different isolates of arbuscular mycorrhizal fungi, s. 44. In BALLA, J., REINÖHL, V. Book of abstracts, ESNA - European society for new methods in agricultural research, 39th Annual meeting. Editorial center MUAF, Brno.
- KALHOTKA, L. (2014): Mikromycety – vláknité mikromycety (plísňe) a kvasinky – v prostředí člověka. Mendelova univerzita v Brně, Reprint, Brno, 78 s.
- KINCL, J., FAUSTUS, L. (1977): Základy fyziologie rostlin. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 168 s.
- KLOPPER, J.W., SCHIPPERS, B., BAKKER, P.A.H.M. (1992): Proposed elimination of the term endorhizosphere. *Phytopathology* 82.
- KOLAŘÍK, J. (2010): Péče o dřeviny rostoucí mimo les. 3., dopl.vyd. ČSOP, Vlašim,
- KOTTKE, I., OBERWINKLER, F. (1987): The cellular structure of the Hartig net: coenocytic and transfer cell-like organization. *Nordic Journal of Botany* 7: 85-95.
- KOVÁŘ, L. (1999): Breviář o houbách. Olympia, Praha, 154 s.
- KRAUS, V. (2012): Pěstujeme révu vinnou. Grada, Praha, 111 s.
- KRAUS, V., HUBÁČEK, V., ACKERMANN, P. (2000): Rukověť vinaře. ČZS – nakladatelství KVĚT, Praha.
- KŮDELA, V., HEJNÝ, S. (1989): Obecná fytopatologie. Academia, Praha, 387 s.
- KUTÍLEK, M. (2001): Půda a bilance CO₂ v ovzduší. *Vesmír*. 2001. č.80, s. 153-154.
- LEMANCEAU, P., HINSINGER, P., DESSAUX, Y. (2010): Rhizosphere: Achievements and Challenges. Germany, Springer, 535 s.
- LEPŠOVÁ, A. (2003): Les jako ektomykorhizní systém. Katedra botaniky JČU, České Budějovice, ročník 82 (2003/Lesnická práce č. 04/03).
- MALACHOVÁ, K. (2004): Ekologie mikroorganismů. Ostravská univerzita Ostrava, Přírodovědecká fakulta. REPRONIS Ostrava, Ostrava, 86 s.
- McKENDRICK, S.L., LEAKE, J.R., READ, D.J. (2000): Symbiotic germination and development of mycoheterotrophic plants in nature: transfer of carbon from

ectomycorrhizal *Salix repens* and *Betula pendula* to the orchid *Corallorhiza tripida* through shared hyphal connections. *New Phytologist*, 145: 539-548.

MEJSTRŮ, V. (1988): Mykorrhizní symbiózy. Academia, Praha, 150 s.

MIKO, L., ŠANTRŮČKOVÁ, H., GRYNDRER, M., REJŠEK, K., (2006): Život v půdě 2. Vesmír. 2006. č. 5, s. 284– 290.

MOSLEROVÁ, V. (2009): Porovnání ekologického, integrovaného a konvenčního pěstování révy vinné. Diplomová práce, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno. 63 s.

MUCHOVÁ, K. (2011): Biodiverzita v lokalitách ekologického zemědělství. Bakalářská práce

NĚMEC, M. (1986): Ekologie mikroorganismů. 1.vyd. Praha, 201 s.

OSTRÝ, V. (2000): Mikroskopické vláknité houby. *Vesmír*. 2000. č. 79, s. 187.

PAUL, E.A. (2015): Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry. 4. vyd. Academic Press, 598 s.

PAVLOUŠEK, P. (2005): Pěstování révy vinné v zahradách. CP Books, Brno, 151 s.

PAVLOUŠEK, P. (2011): Pěstování révy vinné: moderní vinohradnictví. Grada, Praha, 333 s.

PETERSON, R. L., FARQUAHAR, M. L. (1994): Mycorrhizas – Integrated development between roots and fungi. *Mycologia* 86

PETR, J., DLOUHÝ, J., et al. (1992): Ekologické zemědělství. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha, 312 s.

POKORNÝ, E., ŠARAPATKA, B., HEJÁTKOVÁ, K. (2007): Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku. Metodická pomůcka. ZERA, Náměšř nad Oslavou.

PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I., KREKULE, J., ŠEBÁNEK, J., et al. (1998): Fyziologie rostlin. Academia, Praha, 484 s.

PRŮŠA, D. (2005): Orchideje České republiky. ComputerPress, Brno.

RAJCHARD, J., BALOUNOVÁ, Z., KVĚT, J., ŠANTRŮČKOVÁ, H., VYSLOUŽIL, D. (2002): Ekologie III. Struktura a funkce ekosystému, produkční ekologie, biogeochemické cykly, chemické faktory prostředí, základy ekologie půdy, ekologie vodního prostředí,

aktuální celosvětové ekologické problémy. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Kopp, České Budějovice,

REJŠEK, K., GRYNLER, M., MIKO, L., ŠANTRŮČKOVÁ, H. (2006): Život v půdě 1. Vesmír. 2006. č. 4, s. 212 – 219.

ROSYPAL, S., et al. (1981): Obecná bakteriologie. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 750 s. In: MILLEROVÁ, K. (2012): Vliv růst podporujících rhizosférních mikroorganismů na rostliny. Bakalářská práce, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 63 s.

ROZMOŠ, M. (2009): Vliv arbuskulárních mykorhizních hub a rhizosférních bakterií na růst kukuřice seté (*Zea mays*L.) a kostřavy červené (*Festuca rubra* L.). Diplomová práce (nepubl.), MU v Brně, Brno, 62 s.

RULÍK, M. (2011): Mikrobiální biofirmy. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 447 s. In: SÁRAZOVÁ, L. (2014): Rozdílné mikrobiální aktivity v rhizosféře trav *Festuca ovina* a *Calamagrostis epigejos*. Diplomová práce, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 69 s.

RŮŽEK, L., VOŘÍŠEK, K. (2010): Pedobiologie a mikrobiologie. Česká zemědělská univerzita v Praze. Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, Praha. 184 s.

SAHARAN, B.S., NEHRA, V. (2011): Plant Growth Promoting Rhizobacteria. Life Sciences and Medicine Research, India In: MILLEROVÁ, K. (2012): Vliv růst podporujících rhizosférních mikroorganismů na rostliny. Bakalářská práce, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 63 s.

SAMEC, P., FORMÁNEK, P. (2007): Mikrobiologie lesních půd. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 126 s.

SEDLO, J. (1994): Ekologické vinohradnictví. Agrospoj, Praha, 185 s.

SMITH, F. A., SMITH, S. E. (1997): Structural diversity in vesicular-arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytologist* 137: 373-388.

SMITH, S. E., READ, D. J. (1997) :Mycorrhizal Symbiosis. In: Academic Press, London.

SMITH, S.F., READ, D.J. (1997): Mycorrhizal symbiosis, 2nd edition. Academic Press, Cambridge

SOCHOR, J. (2006): Studium mykorhizy a její výskyt ve vinicích. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 46 s.

- STANĚK, J., SKÁLA, F. (1998): Víno není vinno: kapitoly z dějin vína. Paseka, Litomyšl, 285 s.
- SVOBODOVÁ, L. (2012): Vinohradnictví. Vyšší odborná škola zahradnická a Střední zahradnická škola ve spolupráci s nakl. Rebo, Mělník, 159 s.
- ŠARAPATKA, B., URBAN, J. (2006): Ekologické zemědělství v praxi. PRO-BIO, Šumperk, 502 s.
- ŠIMEK, M. (2003): Základy nauky o půdě: Biologické procesy a cykly prvků. Jihočeská univerzita, Biologická fakulta. České Budějovice, 151 s.
- ŠIMEK, M. (2008): Skleníkové plyny v půdě 1, 2 Vesmír, ročník 87, 600-604, 674-677.
- ŠIMON, T., MIKANOVÁ, O. (2012): Metodika vývoje a výroby inokulačních preparátů na bázi prospěšných půdních bakterií. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha-Ruzyně.
- ŠUSTR, V., Ústav půdní biologie AV ČR, Jihočeská universita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- TESAŘOVÁ, M., FILIP, Z. (2003): Perspektivy využití půdních organismů pro zvýšení bezpečnosti rostlinných produktů. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 23 s.
- TROFAST J., WICKBERG B. (1977): Mycorrhizin A chloromycorrhizin A, two antibiotik from a mycorrhizal fungus of *Monotropahypopitys* L. *Tetrahedron* 33: 875-879.
- TRÖGL, J. (2008): Učební texty pro předmět Mikrobiologie: Mikrobní ekologie. Univerzita J.E.Purkyně.
- TŮMA, I. (2015): Rhizosféra. Ústní sdělení. Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně. 4.3.2015
- URBAN, J., ŠARAPATKA, B. (2003): Ekologické zemědělství. Učebnice pro školy v praxi. MŽP, Praha, 280 s.
- VÁCLAVÍK, T. (2006): Ekologické zemědělství a biodiverzita. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 20 s.
- VANEK, G. a kolektiv (1996): Vinič 3 pestovanie. PRÍRODA a.s., Bratislava, 150 s.

VARMA, A. (1999): Functions and Applications of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Arid and Semi.AridSoils. In: TESAŘOVÁ, M., SIDIBÉ, A. (2001): Effect of inoculation with endomycorrhizal fungi on the growth of selected plants. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. sv. 49, č. 1, s. 15-20.

WIEMKEN, V., INEICHEN, K., BOLLER, T. (2001): Development of ectomycorrhizas in model beech-spruceecosystems on siliceous and calcareoussoil: Plant and Soil 234 s.

ZÁHORA, J. (2010): Tajuplná půda. *Klíčová dírka*, 7 (2): 6-7.

ZÁHORA, J. (2012): Interakce mezi půdou a organismy. ZERA, Náměšť nad Oslavou (*rukopis připravený do tisku*).

Internetové zdroje:

BALÁŽ, M.: Mykorhizní symbiózy. Masarykova Univerzita, Přírodovědecká fakulta. [online]. 5.1.2012 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z:<http://www.sci.muni.cz/botany/mycology/ekolhub.htm#symbiot.htm>

BALÁŽ, M.: Mykorhizní symbiózy. Masarykova Univerzita, Přírodovědecká fakulta. [online]. 5.1.2012 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z:http://www.sci.muni.cz/~mykorrh/html/AM_struktury.htm

BALÁŽ, M.: Masarykova Univerzita, Přírodovědecká fakulta. [online]. 5.1.2012 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z:http://www.sci.muni.cz/~mykorrh/html/AM_taxony.htm

DRÉO, J.: WIKIPEDIE. [online]. 26.4.2015 [cit. 2015-02-02]. Dostupné z:http://cs.wikipedia.org/wiki/Kolob%C4%9Bh_dus%C3%ADku#/media/File:Nitrogen_cy cle_cs.svg

Ekologické vinohradnictví: *Ekovin*. [online]. [cit. 2015-02-16]. Dostupné z: <http://www.ekovin.cz/sekce-ekologicke-produkce/ekologicke-vinohradnictvi>

IBOT: Oddělení mykorhizních symbióz, [online]. 5.1.2010 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.ibot.cas.cz/mykosym/mykorrhiza.html>

Integrovaná zemědělská produkce: *Vítejte na zemi*. [online]. [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=integrovana_zemedelska_produkce&site=pud a

Erikoidní mykorhizní symbióza: *Katedra experimentální biologie rostlin*. [online]. [cit. 2015-02-09]. Dostupné z: http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/fr_prakt/mykor/erikoidni.htm

MUCHOVÁ, K.: Biodiverzita v lokalitách ekologického zemědělství. *EnviWeb*. [online]. 2011 [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/priroda/95685/biodiverzita-v-lokalitach-ekologickeho-zemedelstvi>

O vlně: [online]. [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: http://www.ovine.cz/web/document/rezvinarstvi_img/21-508.JPG

OSTRÝ, V. : Mikroskopické vláknité houby. *Vesmír*. [online]. [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: <http://casopis.vesmir.cz/clanek/mikroskopicke-vlakhnite-houby>

Směrnice integrované produkce: *Ekovin*. [online]. [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.ekovin.cz/sekce-integrované-produkce/smernice-integrované-produkce>

TESAŘOVÁ, M., FILIP, Z. : Perspektivy využití půdních organismů pro zvýšení bezpečnosti rostlinných produktů. *Phytosanitary*. [online]. 2003 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.phytosanitary.org/projekty/2003/vvf-16-03.pdf>

TRÖGL, J.: *Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem*. [online]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://fzp.ujep.cz/~trogl/MaterialyMost.html>

Vinařství Gotberg: *Gotberg*. [online]. [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <http://www.gotberg.cz/>

Vinařství Znovín: *Vinety Art s.r.o.* [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://www.vinetyart.cz/vinarstvi-znovin/vinichni-trat-kacirky>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Zjednodušené schéma koloběhu dusíku	18
Obr. 2: Pohled na ekovinici	45
Obr. 3: Pohled na vinice viniční tratě Kacířky	46
Obr. 4: Odběrné místo v ekologické vinici, příkmenný pás, foto M. Broklová	47
Obr. 5: Obarvené segmenty kořene révy připravené k pozorování pod mikroskopem	48
Obr. 6 Schematické znázornění postupu <i>zředovací metody</i>	51
Obr. 7: Názorná ukázka Petriho misek připravených ke kultivaci	51
Obr. 8: Petriho misky s kultivací mikromycet (PL) na Czapkově agaru	52
Obr. 9: Ukázka výsledné kolonizace skupiny mikromycet při ředění 10^{-4} , kultivační medium Czapkův agar	53
Obr. 10: Celkový počet mikroorganismů (CMP)	53
Obr. 11: Počet sporulujících mikroorganismů (SP)	54
Obr. 12: Průměrný počet mikromycet (PL)	56
Obr. 13: Průměrný počet aktinomycet (AKT)	56
Obr. 14: Průměrný počet mikroorganismů fixující dusík (FIX)	57
Obr. 15: Kolonizace kořenu révy vinné arbuskulární mykorhizní houbou, zv. 200x, v – vezikula, h - hyfa	59
Obr. 16: Kolonizace kořenu vinné révy arbuskulární mykorhizní houbou, zv. 200x, v – vezikula, h - hyfa	60
Obr. 17: Srovnání výskytu mykorhizy u kořenů odebraných v hloubce 30 cm v ekologicky a konvenčně obhospodařovaném vinohradu	61
Obr. 18: Srovnání výskytu mykorhizy u kořenů odebraných v hloubce 60 cm v ekologicky a konvenčně obhospodařovaném vinohradu	62
Obr. 19: Srovnání výskytu mykorhizy u kořenů v ekologicky a konvenčně obhospodařovaném vinohradu	63
Obr. 20: Procentuální vyjádření výskytu mykorhizy všech variant kořenů odebraných v hloubce 30 cm	64
Obr. 21: Procentuální vyjádření výskytu mykorhizy všech variant kořenů odebraných v hloubce 60 cm	64

8 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Výsledné hodnoty dvou-výběrového t-testu pro obrázek grafu Srovnání výskytu mykorhizy u kořenů odebraných v hloubce 30 cm v ekologicky a konvenčně obhospodařovaném vinohradu	61
Tab. 2: Výsledné hodnoty dvou-výběrového t-testu pro obrázek grafu Srovnání výskytu mykorhizy u kořenů odebraných v hloubce 60 cm v ekologicky a konvenčně obhospodařovaném vinohradu	62
Tab. 3: Výsledné hodnoty dvou-výběrového t-testu pro obrázek grafu Srovnání výskytu mykorhizy u kořenů v ekologicky a konvenčně obhospodařovaném vinohradu.....	63