

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin**



**Možnosti ovlivnění vlastností výluhů z vermikompostu**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Michaela Spálenková**

**Vedoucí práce: Ing. Aleš Hanč, Ph.D.**

**© 2015 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti ovlivnění vlastností výluhů z vermikompostu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

Michaela Spálenková

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Aleši Hančovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

Dále také děkuji Ing. Barboře Petráčkové za pomoc při zpracování kapitol týkajících se postupu stanovení mikroorganismů, za poskytnutí užitečné literatury a za její čas, který mi věnovala při konzultacích.

Za textovou korekturu děkuji Mgr. Kristýně Nečekalové.

## Souhrn

Na rozvoj mikroorganismů má vliv mnoho faktorů, které jsou v neustálé interakci. V praktické části této bakalářské práce bylo cílem zjistit vliv daného organického materiálu (koňský hnůj, digestát, matolina, jablečné výlisky, kuchyňský odpad) a vliv typu extrakce (s aerací nebo bez aerace) na kvantitativní zastoupení sledovaných mikroorganismů (celkový počet mikroorganismů, aktinobakterií, kvasinek a plísní). Výsledkem byl ve valné většině pozitivní vliv aerace na zvýšení celkového počtu mikroorganismů a aktinobakterií v průběhu louhování. Naopak u plísní a kvasinek měla aerace převážně vliv na snížení jejich počtu během extrakce. Co se týče efektu použitého vermikompostovaného materiálu na kvantitativní zastoupení všech sledovaných mikroorganismů ve výluhu, byl u výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků a kuchyňského odpadu zaznamenán sklon ke snížení jejich počtu přímo úměrně s délkou louhování. Naopak u zbylých třech výluhů (výluh z koňského hnoje, digestátu a matoliny) byl průběh jejich koncentrace po celou dobu louhování stabilní (při obou typech extrakce - s provzdušněním i bez provzdušnění). Nejlepší podmínky pro rozvoj mikroorganismů měl provzdušněný výluh z vermikompostu z matoliny (po 48 hodinách extrakce čítal 92 000 kolonií tvořících jednotek na 1 ml výluhu (KTJ/ml) ). Aktinobakterie se nejvíce namnožily v provzdušněném výluhu z vermikompostu z koňského hnoje (1 300 KTJ/ml výluhu po 48 hodinách louhování) a koncentrace plísní a kvasinek na konci extrakce byla nejvyšší v neprovzdušněném výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků (500 KTJ/ml výluhu).

**Klíčová slova:** vermikompost, výluhy, aerace, mikroorganismy

## Summary

The development of microorganisms is influenced by many factors, which are in constant interaction. The practical part of this bachelor thesis was aimed to determine the influence of the organic material (horse manure, digestate, grape marc, apple pomace, kitchen waste) and the influence of the type of extraction (with aeration or without aeration) for quantitative representation of monitored microorganisms (total number of microorganisms, actinobacteria, yeasts and mold). The results was positive effect on increasing the total number of microorgasnisms and actinobacteria during leaching in the vast majority. In contrast, aeration had an predominantly effect to reduce number of yeast and mold during extraction. Regarding the effect used vermicomposted material for quantitative representation of all observed microorganisms was in the extract from apple pomace and kitchen waste detected a tendency to reduce their numbers in proportion to the length of extracting. In contrast, in the last three extracts (extract from horse manure, digestate and grape marc), the process of their concentration was stable throughout extracting (for both types of extraction - with aeration and without aeration). The best conditions for development of microorganisms presented aerated vermicompost tea from vermicompost from grape marc (after 48 hours of extraction register 92 000 colony forming unit per 1 ml of extract (CFU/ml) ). For actinobacteria was the best condition in aerated extract from vermicompost from horse manure (1 300 CFU/ml of extract after 48 hours of leaching) and non-aerated vermicompost tea from vermicompost from apple pomace featured the extract with the best condition for yeast and mold (500 CFU/ml of extract at the end of the extraction).

**Keywords:** vermicompost, leachate, aeration, microorganisms

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>9</b>
3.1	Vermikompost.....	9
3.2	Výluhy z vermikompostu .....	10
3.2.1	Příprava výluhu.....	13
3.2.2	Hygienická opatření pro omezení patogenů při přípravě výluhů .....	14
3.2.3	Aplikace výluhu .....	14
3.2.4	Vliv výluhu na růst rostlin .....	16
3.2.5	Účinky vermikompostu a jeho výluhů na potlačení chorob a škůdců .....	16
3.2.6	Vliv aerace na složení a vlastnosti výluhu .....	16
3.2.7	Vliv přísad na složení a vlastnosti výluhu .....	19
3.2.8	Interakce výluhu z vermikompostu s různými typy hnojiv .....	19
3.3	Vliv mikroorganismů na rostliny .....	20
3.3.1	Schopnost mikroorganismů podporovat růst rostlin.....	20
3.3.2	Mechanismy potlačení chorob rostlin.....	20
3.3.3	Mechanismy potlačení škůdců rostlin.....	21
3.3.4	Sledované půdní mikroorganismy .....	23
<b>4</b>	<b>Materiály a metody .....</b>	<b>25</b>
4.1	Odběr a příprava vzorků vermikompostů .....	25
4.2	Příprava výluhů z vermikompostů .....	26
4.3	Stanovení mikroorganismů ve vermikompostech a ve vodních výluzích vermikompostů .....	26
4.3.1	Postup stanovení celkového počtu mikroorganismů .....	27
4.3.2	Postup stanovení kvasinek a plísní .....	27
4.3.3	Postup stanovení aktinomycet .....	28
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury.....</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>51</b>
9.1	Tabulky .....	51
9.2	Grafy .....	59
9.3	Obrázky .....	64
<b>10</b>	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>67</b>

# 1 Úvod

Snaha o stále vyšší výnosy zemědělských plodin vede zemědělce ke zvyšování dávek anorganických hnojiv a chemických prostředků na ochranu rostlin. K tomuto zvyšování přispívá také skutečnost, že přípravky na bázi chemie snižují diverzitu a celkové množství mikroorganismů v půdě, které mají pozitivní vliv na její biochemické vlastnosti. Stejně tak jsou ohroženy i necílové organismy mimo půdu. Tímto způsobem klesá přirozená ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům a přirozená úrodnost půdy. K dosažení stejného výnosu je tak potřeba stále vyšších dávek hnojiv. Vlivem tohoto přístupu však dochází k značnému znečištění spodních vod, devastaci krajiny a degradaci půdy, která se stává závislá na přísunu hnojiv (Sinha et al., 2010)

Konvenční zemědělství, které se soustředí spíše na kvantitu než na kvalitu, produkuje plodiny, které mohou být díky reziduíům pesticidů, těžkým kovům, dusičnanům a dalším kontaminujícím látkám nebezpečné pro zdraví lidí. S tímto vědomím roste poptávka společnosti po potravinách a plodinách vycházejících z ekologického zemědělství, které jsou bezpečnější pro zdraví lidí, a také je zvýšena jejich nutriční hodnota (Hajšlová a Schulzová, 2006).

Díky schopnosti vermikompostu a jeho výluhu účinně potlačovat choroby a škůdce (Edwards et al., 2004b) a také pro jejich pozitivní vliv na růst, klíčení, kvetení, plodnost a výnos rostlin mohou být tyto produkty využity jako vhodná alternativa pro nahrazení nebo omezení používaných pesticidů a hnojiv na chemické bázi. Vermikomposty a jejich výluhy dále zvyšují počet a činnost mikroorganismů v půdě a regenerují populace žížal z kokonů, které dále přispívají ke zvýšení přirozené úrodnosti půdy. Tímto způsobem snižují množství hnojiv nutných pro udržení stejného výnosu plodin (Pant et al., 2009; Arancon et al., 2006).

Vermikompostování není výhodné jen z hlediska zvýšení produktivity plodin a zlepšení stavu půdy. Jeho pozitivní vliv je zaznamenán již při výrobě, kdy je možné kompostovat širokou škálu organických odpadů. Touto recyklací se šetří místo na skládkách a dochází ke snížení emisí skleníkových plynů.

Naopak používáním chemických přípravků dochází k poškozování prostředí již při nákupu surovin z ropného průmyslu na výrobu v továrnách, kdy vzniká značné množství chemických odpadů a znečišťujících látek (Sinha et al., 2009).

V rešeršní části své bakalářské práce jsem popsala možnosti přípravy výluhu a faktory ovlivňující jejich výsledné vlastnosti. Dále také hygienická opatření vedoucí k omezení

patogenů ve výluhu, vhodné aplikace výluhu, interakce výluhů s různými typy hnojiv, pozitivní vliv výluhu na rostliny, jejich schopnost potlačovat rostlinné choroby a škůdce a mechanismy, díky kterým jsou výluhy schopny této činnosti. V praktické části se poté zabývám otázkou, jak se mění celkový počet mikroorganismů, počet aktinomycet, plísni a kvasinek během extrakce výluhů z vermikompostu různého surovinového složení.



## **2 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je na základě výzkumu určit a objasnit vliv daných faktorů (různé organické materiály pro přípravu vermikompostů a různé způsoby extrakce) na zastoupení celkového počtu mikroorganismů, aktinobakterií, plísní a kvasinek ve výluzích z vermikompostů.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Vermikompost

Kompostování pomocí žížal, tzv. vermikompostování, je proces biooxidace a stabilizace organické hmoty rostlinného a/nebo živočišného původu. Při tomto mezofilním procesu je teplota udržována pod 35 °C, což je hraniční teplota pro přežití většiny druhů žížal. Proces tedy nezahrnuje termofilní fázi rozkladu, jako je tomu u běžného kompostování (NOSB, 2006).

V porovnání s termofilním kompostem je u vermikompostu zaznamenána výrazně vyšší diverzita, koncentrace a činnost mikroorganismů (Edwards et Arancon, 2004a). Organický uhlík, dusík a vlhkost ve střevě žížaly zajišťuje optimální prostředí pro aktivaci spících mikrobů a klíčení endospor (Lachnicht et Hendrix, 2001). Ve střevech žížal se tak vyskytuje značné množství mikrobů, enzymů a růstových hormonů, které napomáhají rychlému rozkladu organického materiálu a vytvoření vermikompostu. Po průchodu organické hmoty střevem žížaly, vzroste ve zpracované hmotě počet mikroorganismů až tisíckrát. Ta je poté žížalou vylučována v podobě drobných válečkovitých útvarů – trusu žížal (koprolitů), nazývaného anglicky jako vermicast (Edwards et Fletcher, 1988). Velmi významnou skutečností je, že některé patogenní mikroorganismy jsou během procesu vermikompostování potlačeny (Edwards et Fletcher, 1988; Pathma et Sakthivel, 2012). V praxi je však možné vermikompostovat již předkompostovaný materiál, který díky termofilní fázi vykazuje nižší koncentrace patogenů. Navíc je výsledný produkt této kombinace (kompostování a vermikompostování) stabilnější, více konzistentní a celý proces zpracování organického materiálu je rychlejší než v případě samotného vermikompostování (Ndegwa et Thompson, 2000).

Dále je možné použití přísad (např. papíru, pšeničné mouky), která slouží jako plnidlo, absorbuje přebytečnou vodu, zlepšuje strukturu, zvyšuje provzdušnění a může také ovlivnit výslednou hodnotu pH, zvýšit obsah dostupných živin ve výsledném produktu a snížit objem a hmotnost vermikompostovaného materiálu v průběhu vermikompostování (Hanč a Chadimová, 2014; Hanč a Vašák, 2014; Hanč a Plíva, 2013b).

Pro vermikompostování se využívají především tyto druhy žížal: žížala hnojní (*Eisenia foetida*), evropská dešťovka (*Dendrobaena veneta*), vyšlechtěný druh žížaly kalifornské (*Eisenia andrei*), žížala načervenalá (*Lumbricus rubellus*), africká dešťovka (*Eudrillus eugenie*) a „modrý červ“ (*Perionyx excavatus*) (Zajonc, 1992). Díky rychlejšímu

metabolismu, rychlejšímu rozmnožování a vyššímu příjmu potravy mohou tyto druhy žížal spolu s mikroorganismy efektivně zpracovávat organický odpad na materiál s vysokou mikrobiální aktivitou, vodní kapacitou, pórovitostí a pufrovitostí. Ve výsledném produktu je vysoká koncentrace fytohormonů, růstových regulátorů, půdních enzymů, živin (Ingham, 2005; Edwards et Fletcher, 1998) a humusu s vysokým obsahem huminových kyselin (obsah huminových kyselin v sušině dosahuje až k 17 % (Machálek, 2011)). Některé živiny obsažené v organických sloučeninách jsou během průchodu střevem žížaly převedeny do chemických forem, lépe přijatelných pro rostliny (Garg et al., 2012). Je to zapříčiněno nejen chemickými procesy, kdy dochází především ke snížení poměru C : N (12 - 15 : 1) a snížení hodnot pH v porovnání s vermikompostovaným materiálem, ale také bio-chemickými pochody. Příkladem mohou být některé bakterie, díky kterým je velká část dusíku transformována na dusičnany, které jsou přístupné pro rostliny. Podobným způsobem se zvyšuje příjem i některých dalších prvků, např. fosforu a draslíku (Zajonc, 1992).

Vermikompost celkově zlepšuje fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy. Díky jeho pozitivnímu vlivu na udržení drobtovitých agregátů, což zlepšuje vzdušný a vodní režim půdy, může spotřeba vody klesnout až o 40 % (Sinha et al., 2010). Dle Machálka (2011) lze vermikompost použít i jako adsorbent k imobilizaci těžkých kovů v půdě, které se vážou na huminové látky. Dále také k odstranění kovových iontů z odpadních vod nebo jako prostředek k biofiltraci vzduchu eliminující zápach při anaerobní digestaci (Mikeš et al., 2008).

V dnešní době představuje vermikompostování nejefektivnější metodu kompostování a vermikompost je považován za nejúčinnější organické hnojivo, jehož účinky jsou srovnatelné s anorganickými hnojivy. Některé studie ukazují, že schopnost vermikompostu podporovat růst rostlin je o 50 až 100 % větší než u konvenčně vyrobeného kompostu a o 30 až 40 % větší v porovnání s anorganickými hnojivy (Sinha et al., 2010). Navíc je výhodný i z hlediska ekonomického. Náklady na jeho výrobu jsou minimálně o 50 - 75 % menší ve srovnání s chemickými hnojivy (Sinha et al., 2010; Suthar, 2010).

### **3.2 Výluhy z vermikompostu**

Výluh z vermikompostu lze definovat jako vodní extrakt z vermikompostu vyrobený pro přenos mikrobiální biomasy, jemných částic organických látek a rozpuštěných chemických složek do vodné fáze za účelem zachovat nebo zvýšit prospěšné mikroorganismy extrahované z kompostu (NOSB, 2006). Díky tomuto procesu mohou být složky

z vermikompostu aplikovány na povrch rostlin (foliárně) a do půdy způsobem, který by s pevnou fází nebyl možný. Dochází také k značnému zjednodušení aplikace v porovnání s pevnou fází kompostu.

Výluhy však nesmíme zaměňovat s roztokem vytékajícím přímo z kompostu. V tomto případě se jedná o průsakovou vodu. Při rychlém růstu počtu organismů se stává prostředí průsakových vod anaerobní. Za těchto podmínek se ztrácejí živiny a zvyšuje se počet patogenních organismů. Pokud je v těchto průsakových vodách zachováno aerobní prostředí, mohou mít rozpustné živiny, enzymy a hormony pozitivní vliv na růst rostlin. Je však potřeba, aby v kompostu nebyly přítomny nadměrné obsahy solí (např. nitráty). Vysoké hladiny těchto solí by mohly způsobit „popálení“ rostlin (Ingham, 2005; Diver, 2002)

Mezi faktory ovlivňující chemické a biologické vlastnosti výsledného výluhu patří zdroj výchozího vermikompostu, doba trvání extrakce výluhu, množství rozpuštěného kyslíku ve směsi, kvalita vody, teplota vody a možné přidání doplňkových živin, jejichž cílem je zvýšit mikrobiální biomasu. Vliv mnoha faktorů ovlivňujících konečný výsledek výluhu může vysvětlovat jeho značnou variabilitu v účinnosti (Salter et Edwards, 2010).

Biologické, fyzikální a chemické vlastnosti vermikompostu ovlivňují i jeho výluhy. (Scheuerell et Mahaffee, 2002). Z tohoto důvodu je surovina pro výrobu vermikompostu a následně jejich výluhů jedním z hlavních rozhodujících činitelů pro výsledný produkt. Svoji činností jsou žížaly schopny zpracovat celou řadu organického a biologického odpadního materiálu jako například odpady z pivovarů, odpady z papírenského průmyslu, odpady z vinařství (matoliny), kuchyňské odpady, zahradnické zbytky odumřelých rostlin, čistírenské kaly, pevné látky z odpadních vod, živočišné odpady z drůbeže, skotu, králíků, koz, koní, prasat a ovcí (Edwards et Fletcher, 1988).

K eliminaci patogenů při vermikompostování a pro přípravu kvalitního vermikompostu určeného přímo k hnojení nebo k přípravě jeho výluhu je nezbytné, aby prostředí, ve kterém žížaly působí, splňovalo určitá kritéria a proces vermikompostování trval po dostatečně dlouhou dobu. Mezi hlavní činitele ovlivňující činnost žížal patří zejména teplota, vlhkost, pH, poměr C:N, obsah kyslíku a solí v prostředí vermikompostu. Optimální hodnoty zmíněných faktorů pro tvorbu vhodného vermikompostu se v některých literárních pramenech mírně liší. V tabulce č. 1 jsou tyto hodnoty zaznamenány. Život žížal a jejich činnost mohou také ohrozit velké koncentrace amoniaku, bílkovin nebo pesticidů (Hanč a Plíva, 2013a).

Teplota	20 – 30 °C (Nagavallemma et al., 2006), 15 °C (Munroe, 2009)
Vlhkost	32 – 60 % (Nagavallemma et al., 2006), 70 – 90 % (NOSB, 2006), 80 - 90 % (Domínguez et Edwards, 1977)
pH	7,5 - 8,0
Obsah solí	< 0,5 % (Gunadi et Edwards, 2002)
Obsah kyslíku	15 % (Zajonc, 1992)
Poměr C:N	25 – 30 : 1 (Plíva a kol., 2006), 25 : 1 (Ndegwa et Thompson, 2000)

**Tabulka 1: Parametry vermikompostování**

National organic standards board - NOSB (Národní rada pro ekologické normy), která jako poradní orgán vydává doporučení týkající se biopotravin a bioproduktů pro americké ministerstvo zemědělství (USDA), doporučila požadovanou dobu vermikompostování u jednotlivých technologií. Pro vermikompostování v pásových hromadách na volné ploše je požadovaná doba vermikompostování nejméně 12 měsíců, u šikmých klínových systémů a vnitřních kontejnerových systémů 4 měsíce a u kontinuálních „průtokových“ vermireaktorů 60 dní. Patogenní organismy jsou eliminovány během 7 až 60 dnů, v závislosti na použité technologii (NOSB, 2006).

Kromě kvalitního vermikompostu může mít při přípravě výluhu zásadní význam také jeho poměr k vodě. Podle Arancon et al. (2007b) může být tento poměr v rozmezí od 1 : 3 (33 %) až 1 : 200 (0,5 %). Jako optimální poměr vermikompostu k vodě stanovil Edwards et al. (2007) 1 : 5 (20 %), 1 : 10 (10 %) a 1 : 20 (5 %). Právě s těmito výluhy byly zaznamenány nejlepší výsledky při potlačení hád'átek, svlušek a mšic. Vliv těchto různě koncentrovaných výluhů na potlačení hád'átek je k vidění na obrázku č. 1 a 2.

Doba extrakce se liší podle metody přípravy výluhu od několika hodin až po týdny. Rychlost extrakce ovlivňuje řada faktorů. Pro vzdušňování směsi během přípravy dokáže celý proces urychlit. Naopak nízká teplota vody může zpomalit produkci optimální koncentrace mikroorganismů.

Aerace směsi během extrakce, kromě již zmíněné schopnosti urychlit přípravu výluhů, dále napomáhá zajistit optimální podmínky pro zachování a rozmnožení prospěšných mikroorganismů a eliminuje množství patogenů ve výluhu, které jsou většinou fakultativně aerobní (Ingham, 2005).

V neposlední řadě je výluh ovlivněn také fyzikálními a chemickými vlastnostmi vody a její teplotou. Optimální teplota použité vody pro růst a množení mikroorganismů je přibližně 20 °C. S rostoucí teplotou klesá koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě, který je

životně důležitý pro prospěšné aerobní mikroorganismy. K přípravě výluhů by neměla být používána voda, která je kontaminovaná patogeny nebo obsahuje vysoké koncentrace solí, těžkých kovů, dusičnanů, chloru, síry, uhličitanu vápenatého, kyseliny tříslové (taninu), jež má antibakteriální účinky a snižuje počet mikroorganismů ve výluhu (Ingham, 2005).

### 3.2.1 Příprava výluhu

Cílem tohoto procesu je extrahovat prospěšné mikroorganismy a látky podporující růst rostlin z vermikompostu do vodní fáze. Vzhledem k značné mikrobiologické různorodosti vermikompostu a kompostu jsou materiály a metody extrakce výluhu selektivními silami ovlivňujícími mikrobiální diverzitu a množství mikroorganismů ve výluhu.

Existuje několik různých metod přípravy výluhu z vermikompostu. Všechny však mají společné dva hlavní výchozí materiály, jimiž jsou voda a vermikompost. Rozdílné metody přípravy se liší podmínkami zpracování těchto přísad.

Obvykle je vermikompost naplněn do porézní nádoby, která je poté ponořena do nádoby obsahující vodu. Rozlišujeme dva hlavní postupy přípravy. Při prvním z nich výluh vzniká pouze samotným louhováním vermikompostu ve vodě po dobu několika dnů či týdnů. Druhý způsob přípravy je doplněn o aktivní provzdušňování směsi pomocí čerpadla nebo recirkulací vody (NOSB, 2006; Diver, 2002).

Lze využít komerčního systému pro přípravu výluhů z kompostu a vermikompostu, který je schopen produkovat optimální množství mikroorganismů již během 12 - 24 hodin, například od společností Keep it Simple, Inc., Growing Solutions, Inc., Sustainable Agricultural Technologies, Inc., Greater Earth Organics, LLC (viz obrázek č. 4, 5, 6, 7). Aeraci je zajištěna optimální hladina kyslíku pro růst a množení aerobních mikroorganismů. Dále je také urychlená extrakce živin z pevné fáze vermikompostu do vody.

Při přípravě výluhu, lze do směsi přidat přísady pro podporu růstu a proliferace různých mikrobiálních organismů prospěšných pro růst rostlin. Přidání přísad jako jsou melasa, huminové kyseliny, kvasnicový extrakt, extrakt z řas nebo jiné snadno rozpustné zdroje uhlíku, je vhodné pro dosažení maximálního nárůstu požadovaných mikroorganismů na hranici, kdy koncentrace kyslíku ve výluhu nepoklesne pod aerobní úroveň a jsou tak udržovány aerobní podmínky (Ingham, 2005).

### **3.2.2 Hygienická opatření pro omezení patogenů při přípravě výluhů**

Ve výluzích se však mohou vyskytovat i nežádoucí organismy. Tyto patogeny, ať jsou to koliformní bakterie, bakterie rodu *Salmonella*, střevní viry nebo paraziti, mohou představovat riziko pro životní prostředí i zdraví lidí.

Výzkumy zabývající se touto problematikou ukazují, že některé metody při přípravě výluhů přispívají k růstu patogenních organismů. Jeden z hlavních problematických postupů při přípravě je přidání doplňkových živin do výluhu, které kromě podpory růstu prospěšných organismů, podporují také růst patogenů. S rostoucí mikrobiální populací se snižuje obsah kyslíku ve výluhu. Z tohoto důvodu se aditiva obvykle nepřidávají do neprovzdušňovaných výluhů, kde by se s poklesem obsahu kyslíku diverzita mikroorganismů mohla omezit pouze na anaerobní mikroorganismy (NOSB, 2006).

Z důvodu možného výskytu patogenů je žádoucí dodržování určitých hygienických opatření při přípravě výluhu. NOSB (2006) vydal doporučení pro přípravu výluhů z vermikompostu, díky kterým lze snížit riziko působení patogenů. Mezi ně patří použití pouze pitné vody pro přípravu výluhu nebo k ředění hotového výluhu před aplikací. Přičemž je dále potřebné zbavit používanou vodu chlóru, který je obsažen ve vodovodních pitných vodách a zabíjí prospěšné mikroorganismy. Vhodné je také dezinfikovat zařízení používané k výrobě výluhů a omezit používání přísad při fermentaci výluhu.

V souvislosti s dobou trvání výroby výluhu NOSB (2006) rozlišuje extrakt kompostu, který je popsán jako směs vody a vermikompostu a spolupůsobí po dobu kratší než je jedna hodina. Tyto extrakty mohou být podle doporučení NOSB používány bez omezení. Ostatní směsi, tzv. směsi spolupůsobící po delší dobu než jedna hodina, byly označeny jako výluhy. Pokud jsou přísady použity do těchto výluhů, je podle tohoto doporučení vhodné vzorek výluhu před aplikací podrobit testu pro zjištění zda splňuje směrnice zajišťující kvalitu rekreačních vod vydané americkou vládní agenturou životního prostředí (U.S. EPA) pro koliformní bakterie. Pokud jsou přidány přísady a výluh není testován nebo nespĺňuje pokyny pro zajištění kvality vody, pak by potravinové plodiny neměly být sklizeny dříve než 90 - 120 dnů po aplikaci výluhu (NOSB, 2006).

### **3.2.3 Aplikace výluhu**

U provzdušňovaného výluhu je nutná jeho rychlá aplikace. Pro maximální účinnost se doporučuje použití během prvních 4 - 6 hodin od skončení přípravy výluhu. Čím dříve je

výluh aplikován, tím větší jsou jeho supresivní účinky proti chorobám a škůdcům, a jeho růst stimulační účinky na rostliny. Výluh má krátkou životnost, protože kyslík v něm je spotřebován a postupně se stává anaerobní, tím dojde k usmrcení prospěšných aerobních mikroorganismů. Životnost výluhu lze prodloužit udržováním výluhu v chladu, v otevřené nádobě a ochranou před slunečním zářením. Také pravidelným mícháním prodloužíme životnost aerobních mikroorganismů (Ingham, 2005).

Základní aplikace výluhu je postřikem na list nebo se zálivkou do půdy. Výluh lze použít také k přípravě půdy ještě před osázením nebo k ošetření osiva před výsevem. NOSB však nedoporučuje použití výluhu k produkci jedlých semen. V neposlední řadě lze výluh využít k tlumení produkce pachů hnoje a kompostu (NOSB, 2006).

Při ředění výluhu pro jeho aplikaci postřikem na list je nutné zajistit určitou koncentraci organismů k dosažení dobrých výsledků. V okamžiku, kdy je na povrchu rostlin již znatelná choroba, je vhodné výluh aplikovat přímo na postižené místo bez ředění. Vhodné je také použití smáčedla, které umožňuje aplikaci souvislé tenké vrstvy výluhu na povrch listu a zvyšuje adhezivní síly, tedy přilnavost výluhu k ploše listu. Při prevenci je nezbytné zajistit přiměřené pokrytí listové plochy prospěšnými mikroorganismy k zabránění kolonizace mikroorganismů způsobujících choroby. K zabránění vzniku onemocnění projevujícího se na povrchu listu bylo stanoveno minimální 60 – 70 % pokrytí. Z toho prospěšné houbové biomasy by měly být v zastoupení minimálně 5%.

Existuje několik faktorů omezujících působení mikroorganismu při aplikaci výluhu postřikem na list. Tím je například déšť a vítr, jejichž působení může odstranit mikroorganismy z povrchu listu. Také UV záření může znemožnit působení mikroorganismů, jeho účinky pro ně mohou být smrtelné. Z tohoto důvodu je listová aplikace nejvhodnější ráno a večer, kdy je slunce nejnižší nad obzorem a intenzita UV záření je nejnižší.

Pro organismy u obou typů aplikací jsou dále nebezpečná zbytková rezidua pesticidů v nádrži, úlet pesticidů nebo chlor vyskytující se v používané vodě, použití příliš studené, nebo horké vody při přípravě výluhu nebo při jeho ředění před aplikací (Ingham, 2005).

Před použitím je výluh obvykle filtrován, aby zabránil ucpání postřikovače nebo zavlažovacího systému používaného pro aplikaci (NOSB, 2006). Velikost ok filtru určuje druh částic materiálu, které jsou extrahovány do směsi. Čím jemnější je velikost ok, tím větší je pravděpodobnost přenosu pouze rozpustných složek z vermikompostu. Z tohoto důvodu může dojít při filtraci k zachycení mikroorganismů, které jsou vázány na pevné částice vermikompostu a nebudou tak extrahovány do výluhu (Pant et al., 2009).



### 3.2.4 Vliv výluhu na růst rostlin

Ať už je výluh aplikován ve formě postřiku na list nebo se zálivkou do půdy, jeho pozitivní dopad na obsah živin, růstových regulátorů, fytohormonů a různých rostlinných látek v rostlině je popsán a dokázán v několika vědeckých pracích (Pant et al., 2009; Zaller, 2006).

Kromě stimulace růstu rostlin a jejich kořenových systémů zvyšují výluhy z vermikompostu klíčivost, kvetení, plodnost rostlin, nárůst listové plochy, počet listů na rostlinu a výnos plodin (Pant et al., 2009; Arancon et al., 2006).

### 3.2.5 Účinky vermikompostu a jeho výluhů na potlačení chorob a škůdců

Dobře připravený vermikompost a jeho výluhy se vyznačují značnou druhovou diverzitou a populací prospěšných mikroorganismů, díky kterým rostlina efektivně bojuje proti chorobám a škůdcům rostlin (Edwards et al., 2004b). Charakter potlačení těchto chorob a škůdců rostlin je tedy spíše biologického charakteru než chemického.

Výluhy z vermikompostu značně ovlivňují potlačení škůdců. Edwards et al. (2007) ve svém výzkumu dokázal schopnost výluhu z vermikompostu potlačit působení hád'átka kořenového (*Meloidogyne hapla*), svlušky chmelové (*Tetranychus sp.*) a mšice broskvoňové (*Myzus persicae*). Vliv výluhů z vermikompostu na potlačení těchto škůdců byl obdobný jako vliv vermikompostu. Jejich působení však bylo znatelně větší v porovnání s výluhy z kompostu (viz obrázek č. 1, 2). Arancon et al. (2007a) dále dokázal supresivní vliv vermikompostu proti červcům (*Pseudococcus sp.*).

Vermikompost účinně působí také proti chorobám rostlin, které jsou způsobené některými druhy rodu *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Plectosporium* nebo *Verticillium* (Arancon et al., 2007b).

### 3.2.6 Vliv aerace na složení a vlastnosti výluhu

Jak již bylo popsáno v předchozích kapitolách, výluh z vermikompostu lze připravit pouhým namáčením vermikompostu do vody bez jakéhokoliv mechanického míchání a provzdušňování, nebo je možné po dobu přípravy aktivně přivádět do směsi vzduch. Takto připravený provzdušněný výluh podporuje přežití a rozvoj aerobních mikroorganismů (bakterií, hub, prvoků, aktinomycet) a omezuje život organismů anaerobních. Hladina koncentrace kyslíku v roztoku pro přežití aerobních mikroorganismů by měla být udržena nad

6 ppm. Pokud koncentrace kyslíku klesne pod tuto hranici aerobní houby, prvoci a hlístice zahynou a mikrobiologie ve výluhu se omezí na anaerobní bakterie a kvasinky. Optimální podmínky pro aerobní mikroorganismy z hlediska koncentrace rozpuštěného kyslíku jsou tehdy, pokud obsah rozpuštěného kyslíku zaujímá 95 – 98 % ve srovnání s oxidem uhličitým a 20 – 21 % v celkovém obsahu atmosférických plynů. K potlačení anaerobních mikroorganismů dochází v případě, že obsah kyslíku zaujímá více než 15 % v celkovém obsahu atmosférických plynů (viz tabulka č. 2) (Ingham, 2005).

Typ organismu	Celkové atmosférické plyny	Procentuální vyjádření rozpuštěných plynů	Rozpuštěné plyny (mg/L)
Aerobní	20 – 21 % kyslíku, 1 - 6 % oxidu uhličitého	95 – 98 % kyslíku, 1 – 5 % oxidu uhličitého	> 6 mg/L kyslíku
Fakultativně aerobní	15 – 16 % kyslíku, 6 – 12 % oxidu uhličitého	75 – 95 % kyslíku, 5 – 25 % oxidu uhličitého	4 – 6 mg/L kyslíku
Anaerobní	2 – 15 % kyslíku, > 12 % oxidu uhličitého	< 75 % kyslíku > 25 % oxidu uhličitého	< 4 mg/L kyslíku

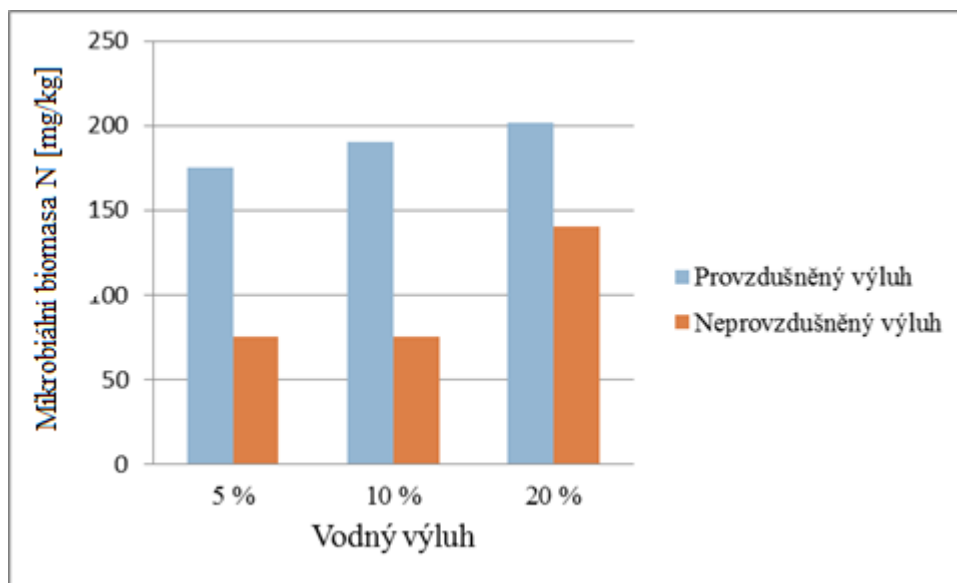
**Tabulka 2: Vztah mezi kyslíkem, oxidem uhličitým a aerobních, fakultativně aerobních a anaerobních mikroorganismů**  
(Ingham, 2005)

Provzdušňováním můžeme urychlit výrobní čas, ale zvyšují se náklady na zařízení, a oproti výluhu bez provzdušňování se stává celý proces náročnější na přípravu (Ingham, 2005).

Několik studií se zabývalo efektivitou aerace na výsledný výluh. Názory na účinnost provzdušňovaného a neprovzdušňovaného výluhu se však liší. Některé studie dokládají konzistentní a významně pozitivní vliv neprovzdušňovaného výluhu na růst rostlin a potlačení chorob a škůdců (Scheuerell et Mahaffe, 2006; Weltzein, 1991; Pant et al., 2009). Jiné naopak naznačují, že neprovzdušňované výluhy jsou méně konzistentní v kvalitě, mohou způsobovat fytotoxicitu a jejich schopnost potlačit choroby a škůdce je v porovnání s provzdušňovanými výluhy menší, stejně jako jeho vliv na růst rostlin (Ingham, 2005; Arancon et al., 2007b; Edwards et al., 2007).

Arancon et al. (2007b) porovnával neprovzdušněný výluh extrahovaný po 2 dny s provzdušněným výluhem. Ve své studii dospěl k závěru, že aerace během přípravy výluhů zvyšuje jeho účinnost při podpoře růstu rostlin, zvětšení listové plochy, klíčení a vzcházení. Hodnota pH, aktivita enzymu dehydrogenázy a mikrobiální biomasa byla v porovnání s neprovzdušněným výluhem vyšší, stejně jako obsah dusičnanů.

Následující graf č. 1 znázorňuje vliv aerace na množství mikroorganismů ve výluhu.



**Graf 1: Vliv aerace na množství mikroorganismů ve výluhu**  
(Arancon et al., 2007b)

V rozporu s těmito výsledky Pant et al. (2009) ve své studii nezaznamenal významný rozdíl v nárůstu nadzemní čerstvé hmotnosti a sušiny, v nárůstu počtu listů na rostlinu, zvětšení listové plochy a růstu rostlin u obou typů výluhů. Vliv provzdušněného a neprovzdušněného výluhu na hodnoty pH a elektrické vodivosti byly také obdobné. Stejně tak celkový obsah bakterií a hub, obsah rozpuštěného kyslíku, obsah makroprvků a mikroprvků. Byl zde však zaznamenán rozdíl v příjmu prvků rostlinami. Aplikací neprovzdušněného výluhu byl, v porovnání s aplikací provzdušněného výluhu, téměř ve všech případech nejvyšší příjem mikroprvků a makroprvků rostlinou (viz tabulka č. 3,4).

Pant et al. (2009) dále naznačuje, že rozdílné výsledky v různých pokusech by mohly mít souvislost s dobou extrakce. Doporučená doba extrakce neprovzdušněného výluhu je dle Weltzeina (1991) 7 dní. Po této době se neprovzdušněný výluh stává více konzistentní než provzdušněný výluh, má lepší supresivní účinky na choroby a škůdce a lepší stimulační účinky na růst rostlin v porovnání s provzdušněnými výluhy.

### 3.2.7 Vliv přísad na složení a vlastnosti výluhu

Výzkumy porovnávající různé způsoby extrakce zaznamenaly u výluhů, jejichž příprava zahrnovala použití aditiv, zvýšené hodnoty pH a elektrické vodivosti, díky které se zjišťuje celkový obsah rozpustných solí v daném roztoku. Pozitivní vliv přísad na zvýšení mikrobiální populace ve výluhu byl zaznamenán v několika literárních pramenech (NOSB, 2006; Ingham, 2005). S rostoucí mikrobiální populací však klesá množství rozpuštěného kyslíku ve směsi (Scheuerell et Mahaffee, 2006; Pant et al., 2009).

Přidáním přísad do výluhu se zvyšuje koncentrace mikroprvků a makroprvků. V důsledku vyššího pH u tohoto typu výluhu je však příjem živin rostlinami značně omezen. Pant et al. (2009) ve své studii zaznamenal nižší příjem mikroprvků a makroprvků rostlinami u provzdušněných výluhů s aditivou v porovnání s neprovzdušněnými výluhy bez přísad (viz tabulka č. 3, 4). Příjem živin rostlinou byl nižší i přes vyšší koncentrace živin ve výluhu. Díky této skutečnosti nebyl rozdíl v nárůstu nadzemní čerstvé hmotnosti a sušiny, v nárůstu počtu listů na rostlinu, zvětšení listové plochy a růstu rostliny příliš významný v porovnání s výluhy bez přidání aditiv.

### 3.2.8 Interakce výluhu z vermikompostu s různými typy hnojiv

Pokud jsou rostliny před aplikací výluhu hnojeny různými typy hnojiv, účinnost stejného výluhu na tyto rostliny se může v některých případech lišit. Interakce výluhu z vermikompostu s organickými a anorganickými hnojivy je jedním z faktorů, který ovlivňuje jeho působení.

Ve výzkumu zabývajícím se touto interakcí, byl v případě aplikace výluhu na rostlinu hnojenou organickým hnojivem (vermikompostem) oproti rostlině hnojené hnojivem anorganickým, zjištěn výrazně lepší efekt výluhu na růst rostlin, na zvýšení nadzemní čerstvé hmotnosti a hmotnosti sušiny, na počet listů na rostlinu, obsah karotenoidů a živin v rostlinných pletivech (Pant et al., 2009).

Při aplikaci výluhu na rostliny hnojené anorganickým hnojivem bylo významné zvýšení obsahu fenolů v rostlinných pletivech. V případě rostlin hnojených vermikompostem, byla koncentrace fenolů v rostlině po aplikaci výluhů naopak snížena.

Bylo dokázáno, že stresové faktory pro rostlinu, zejména snížení obsahu dusíku v rostlině (Estiarte et al., 1994) nebo napadení rostliny patogeny, zvyšují koncentraci fenolů v rostlinných pletivech. Také úroveň antioxidační kapacity je spojená s obsahem minerálních

živin a fenolických látek. S nižším obsahem minerálních živin v rostlině, s nižším vzrůstem rostliny stoupá obsah fenolických látek v rostlině a stoupá úroveň antioxidační aktivity (Dixon et Paiva, 1995)

### **3.3 Vliv mikroorganismů na rostliny**

Půdní mikrobiální biomasa tvoří méně než 5 % organické hmoty v půdě. Díky aplikaci výluhu z vermikompostu a samotného vermikompostu lze toto zastoupení zvýšit. Mechanismy mikroorganismů, díky kterým jsou schopny ovlivňovat růst rostlin a půdní úrodnost, jsou popsány v následujících kapitolách.

#### **3.3.1 Schopnost mikroorganismů podporovat růst rostlin**

Důležitým faktorem přispívajícím ke schopnosti podporovat růst rostlin jsou užitečné půdní bakterie rodů *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Streptomyces* (Sinha et al., 2010). Některé tyto bakterie mají schopnost uvolňovat živiny z anorganických sloučenin, fixovat dusík nebo produkovat sekundární metabolity, které vykazují antimikrobiální, růst regulující, herbicidní, insekticidní, antiparazitické a enzym inhibující vlastnosti. Navíc svojí činností napomáhají k udržení dobré půdní struktury (Pathma et al., 2011).

Díky optimálnímu prostředí pro mikroorganismy ve střevech žížal v nich po pozření organického materiálu roste populace těchto půdních bakterií, jež má nezastupitelnou úlohu v podpoře růstu rostlin, ať přímou cestou (zajištění lepší dostupnosti živin, fixací dusíku, produkcí růstových regulátorů, enzymů) nebo nepřímou, v podobě potlačení patogenů (Pathma et Sakthivel, 2012; Sinha et al., 2010).

Pozitivní vliv výluhu na růst rostlin a kořenového systému, v tomto případě na rajčatech napadených háďátkem kořenovým (*Meloidogyne Hapla*), je zobrazen na obrázku č. 1, 2. V porovnání s výluhy z kompostu je jeho vliv na celkový stav rostliny o poznání lepší (Edwards et al., 2007).

#### **3.3.2 Mechanismy potlačení chorob rostlin**

Potlačení rostlinných chorob je dosaženo především prostřednictvím prospěšných mikroorganismů, kterými mohou být některé specializované houby, kvasinky nebo bakterie.

Mezi hlavní mechanismy tohoto mikrobiálního antagonismu patří přímý parazitismus a hyperparazitismus, antibióza, konkurenční boj o živiny a životní prostor.

Antibióza je produkce různých metabolitů organismem například toxinů, lytických enzymů, antibiotik, které vedou k potlačení životních funkcí nebo k usmrcení jiného organismu (Baker et Griffin, 1995). Příkladem mohou být některé houby rodu *Trichoderma*, které tímto způsobem potlačují fytopatogenní mikroorganismy (Mukherjee et al., 2012). Dalším možným mechanismem potlačujícím činnost patogenů jsou „konkurenční boje“ o životní prostor a živiny mezi organismy. Pokud jsou prospěšné mikroorganismy zastoupeny v dostatečném množství, spotřebovávají rostlinné exudáty a patogeny nemají potřebný příjem živin (Diver, 2002). Optimální koncentrace mikroorganismů dále tvoří fyzickou bariéru rostlin, díky které patogeny nemohou infikovat rostlinné tkáně, protože potenciální místa na povrchu rostlin jsou již „obsazena“.

Možnost eliminace patogenů může nastat prostřednictvím abiotických faktorů. Patogeny rostlin, které jsou většinou anaerobní nebo fakultativně anaerobní se schopností přepínat mezi aerobním a anaerobním metabolismem, hynou při vyšších koncentracích kyslíku. Mikroorganismy přispívají ke zlepšení půdní struktury a k jejímu provzdušnění. Díky jejich činnosti tak dochází ke snížení vlivu kořenových patogenů (Ingham, 2005).

Vermikompost dále umožňuje v porovnání s chemickými hnojivy pozvolné uvolňování některých živin a díky některým mikroorganismům, např. mykorhizním houbám, se zvyšuje jejich příjem rostlinami. Tím se zlepšuje celkový nutriční stav rostlin, které poté lépe tolerují nebo odolávají patogenům. Mykorhizní houby mají také schopnost měnit množství a formu kořenových exudátů rostlin. Rostlina je tímto chráněna před infekcí patogenem, který je závislý na stimulaci určitého exudátu a díky jeho změně není schopen infikovat rostlinu. Další možnost ochrany rostlin proti patogenu je v podobě indukce rezistence rostliny (Ingham, 2005). Rostliny vlastní vrozené mechanismy ochrany proti infekci patogenů a ty mohou být zesíleny při působení vnějších specifických stimulů (Věchet, 2013)

### **3.3.3 Mechanismy potlačení škůdců rostlin**

Edwards et al. (2004b) popsal několik možných mechanismů potlačující činnost škůdců rostlin, jako jsou např. parazitické hlístice, červci, housenky, mšice. Jedním z nich je schopnost vermikompostu zvyšovat populace prospěšných členovců, hlístic a hub, které zabíjí parazitické hlístice. Některé houby navíc efektivně ničí i jejich cysty. K potlačení škůdců

mohou přispět i rhizobakterie, které kolonizují kořeny rostlin a omezují populace hlístic produkcí enzymů a látek pro ně toxických. Další toxické látky pro hlístice, jako jsou sirovodík, amoniak, dusičnany, mohou také vznikat během vermikompostování.

Vermikompost také stimuluje rostlinnou produkci fenolů a zlepšuje dostupnost některých živin pro rostliny. Zvýšená koncentrace fenolů v rostlinných pletivech a lepší nutriční stav rostlin ovlivňuje úroveň sekundárních látek v rostlinných pletivech, které přispívají k obranyschopnosti rostlin před patogeny a škůdci. Vliv minerální výživy je poměrně malý u vysoce citlivých nebo vysoce rezistentních odrůd vůči patogenům a škůdcům. Naopak značný vliv je zaznamenán u středně citlivých a částečně rezistentních odrůd.

Mezi důležité faktory ovlivňující stupeň napadení rostliny škůdcem patří také obsah dusíku v rostlinných pletivech. Silný nedostatek nebo nadbytek dusíku v rostlinách podporuje některé škůdce i choroby (Marschner, 2006).

Herms (2002) ve svých studiích poukázal na zvýšení populace škůdců na rostlinách při aplikaci anorganických i organických hnojiv. Rostliny hnojené anorganickými hnojivy jsou však více náchylné na napadení škůdců v porovnání s rostlinami hnojenými hnojivem organickým Yardim (2003). Anorganické hnojení dusíkem zvyšuje nutriční kvalitu rostlin a snižuje koncentraci sekundárních metabolitů v rostlině. Tím jsou zlepšeny podmínky pro škůdce (Herms, 2002).

Bentz et al. (1995) tuto skutečnost zaznamenal při pokusu, ve kterém se soustředil na množství škůdců na rostlinách v různých vývojových stádiích a při různých způsobech pěstování rostlin. Větší počet larev škůdců vylíhlých z vajíčka byl sice zaznamenán u nehnojených rostlin v porovnání s hnojenými, ale počet škůdců, kteří přežili do dospělého stádia, byl výrazně větší u hnojených rostlin. K tomuto stavu vedl hlavně nutriční nedostatek pro nymfální stádia škůdců. K nutričnímu nedostatku pro škůdce přispívá pomalé uvolňování živin z vermikompostu a z jeho výluhů v porovnání s anorganickými hnojivy.

Dalším faktorem ovlivňujícím působení škůdce je obsah huminových kyselin a fenolových sloučenin v rostlinných pletivech. Příjem fenolových sloučenin z vermikompostu a jeho výluhů způsobuje změny v chemické skladbě rostlinných tkání, které se poté stávají méně chutné pro škůdce (Edwards et al., 2010).

### 3.3.4 Sledované půdní mikroorganismy

V praktické části své bakalářské práce se zabývám kvantitativním zastoupením vybraných mikroorganismů ve výluhu v závislosti na délce extrakce, typu extrakce a vermikompostu z různého organického materiálu. Činnost sledovaných mikroorganismů v půdě je popsána v následujících podkapitolách.

#### 3.3.4.1 Aktinobakterie

Aktinobakterie neboli aktinomycety jsou jednobuněčné i mnohobuněčné bakterie, které patří mezi prokaryota. Jedná se především o aerobní, grampozitivní bakterie tvořící dlouhá větvená vlákna (hyfy), která vytvářejí buď mycelium, nebo se rozpadají v tyčinkovité či kulovité buňky.

V zemědělství jsou tyto bakterie významnými symbionty rostlin se schopností vázat dusík a obohacovat tak rostlinu o dusíkaté látky. Mezi hlavní fixátory dusíku patří především rod *Frankia*. Aktinobakterie dále mohou produkovat bioaktivní sekundární metabolity, například antibiotika, čímž potlačují růst konkurenčních mikroorganismů, včetně možných rostlinných patogenů. Nejvýznamnějším producentem antibiotik je rod *Streptomyces* a *Micromonospora* (Watve et al., 2001).

Aktinobakterie patří mezi nejvýznamnější půdní rozkladače. Jejich hlavní úlohou v půdě je rozklad organického materiálu. Dále jsou také schopny dekompozice některých těžko rozložitelných látek jako je celulóza, lignin nebo chitin (Sigeo, 2005), degradace pesticidů (Fuentes et al., 2010), rozklad ropy (Deppe et al., 2005) a odbourávání xenobiotik (De Schrijver and De Mot, 1999).

Vedle užitečných druhů aktinobakterií existuje také celá řada patogenních druhů, které způsobují infekce u rostlin, živočichů a lidí. Příkladem významné choroby způsobené aktinobakteriemi, konkrétně rodem *Streptomyces*, je obecná strupovitost brambor.

#### 3.3.4.2 Plísně a kvasinky

Kvasinky jsou heterotrofní eukaryota, která se vyskytují jako jednobuněčné organismy nebo ve formě vláken (pseudomycelium). Pro svůj růst vyžadují kyslík, mají však schopnost za anaerobních podmínek změnit metabolismus z respiračního na fermentační. Optimální pH pro růst kvasinek se pohybuje v rozmezí 4,2 – 5,5.



Ve většině případů se kvasinky žijí saprofyticky. Ovlivňují cyklus dusíku a síry a mají schopnost rozpouštět nerozpustné fosfáty, které jsou poté lépe přijatelné pro rostliny (Botha, 2011). Kromě rozkladu organických látek v půdě a ve vodě mají také schopnost produkce biologicky aktivních látek (Bendová a Janderová, 1985). Dále stimulují růst rostlin a jejího kořenového systému (Nassar et al., 2005), chrání rostlinu před houbovými kořenovými patogeny a prostřednictvím produkce extracelulárních polymerních sloučenin, které vážou částice půdy, ovlivňují strukturu půdy.

Díky svému antagonistickému působení snižují počet hlístic, prvoků a potlačují růst houbových kořenových patogenů. Mohou být také dravci některých druhů kvasinek (Lachance et al., 2000). V některých případech se naopak stávají potravou dravých členovců, bakterií, hlístic a prvoků, což v závěru může přispět k zvýšené výživě rostlin (Bardgett et Griffiths, 1997).

Stejně jako kvasinky, i plísně jsou řazeny mezi mikroskopické houby neboli mikromycety. Plísně jsou aerobní, jedno až mnohobuněčná eukaryota tvořící vláknité povlaky uvnitř nebo na povrchu substrátu. Vyskytují se v půdě, ve vodě, v ovzduší a na povrchu živých nebo odumřelých organismů. V porovnání s bakteriemi jsou plísně k hodnotám vodíkových iontů značně tolerantnější. Pro většinu mikroskopických hub (plísni) je však optimální pH s hodnotou 5 - 7. Dokáží však růst i v prostředí s výrazně nižší i vyšší hodnotou pH (Klaban, 2005).

Využívají se zejména v potravinářském a farmaceutickém průmyslu. Produkují celou řadu metabolitů (například enzymy, antibiotika, organické kyseliny, toxické mykotoxiny) a jsou významnými destruenty látek organického původu se schopností rozložit i odolné biomakromolekuly (Tichá, 1998).

## 4 Materiály a metody

### 4.1 Odběr a příprava vzorků vermikompostů

Vermikompostování organických materiálů (konkrétně koňského hnoje, digestátu, matoliny, jablečných výlisků a kuchyňského odpadu) probíhalo v prostorách výzkumné stanice FAPPZ (Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů) v Červeném Újezdě. V patrovém vermikompostéru byly tyto suroviny postupně zpracovány, dokud nebylo dosaženo stabilního vermikompostu, který již neobsahoval žádné žížaly. Ten byl poté použit k přípravě výluhů.

Vzorky vermikompostů pro laboratorní zpracování byly odebrány, uchovávány a přepravovány v souladu s platnou legislativou (podle normy ČSN EN ISO 10381 – 6)<sup>1</sup> tak, aby nemohlo dojít k druhotné kontaminaci. Hmotnost odebraných zkušebních vzorků byla 1000 g.

Příprava analyzovaných vzorků byla provedena podle AHEM (Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica) č.1/2008<sup>2</sup> a ČSN EN ISO norem - ČSN EN ISO 6887 - 1<sup>3</sup>, ČSN EN ISO 6887 - 4<sup>4</sup>. Vzorky byly upraveny homogenizací a výchozí suspenze pro desetinasobné ředění byla připravena smícháním 10 g vzorku a 90 ml sterilního zředovacího roztoku. Pro stanovení půdních mikroorganismů byly vzorky ředěny sterilní destilovanou vodou. Z výchozí suspenze bylo následně připraveno desetinasobné ředění.

---

<sup>1</sup>ČSN EN ISO 10381 – 6: Kvalita půdy – Odběr vzorků – Část 6: Pokyny pro odběr, manipulaci a uchovávání půdních vzorků určených pro studium aerobních mikrobiálních procesů v laboratoři

<sup>2</sup>AHEM č. 1/2008: Metodika stanovení indikátorů mikrobiologické kontaminace hygienizovaných kalů z čistíren odpadních vod. Metodický návod pro stanovení indikátorových organismů v bioodpadech, upravených bioodpadech, kalech z čistíren odpadních vod, digestátech, substrátech, kompostech, pomocných růstových prostředcích a podobných maticích

<sup>3</sup>ČSN EN ISO 6887-1: Mikrobiologie potravin a krmiv – Úprava analytických vzorků, příprava výchozí suspenze a desetinasobných ředění – Část 1: Všeobecné pokyny pro přípravu výchozí suspenze a desetinasobných ředění

<sup>4</sup>ČSN EN ISO 6887-4: Mikrobiologie potravin a krmiv – Úprava analytických vzorků, příprava výchozí suspenze a desetinasobných ředění – Část 4: Specifické pokyny pro vzorky jiné než mléko a mléčné výrobky, maso a masné výrobky a ryby a rybí výrobky

## 4.2 Příprava výluhů z vermikompostů

Surovinou pro přípravu provzdušněných a neprovzdušněných výluhů byly již zmíněné vermikomposty (vermikompost z koňského hnoje, z digestátu, z matoliny, z jablečných výlisků a z kuchyňského odpadu). Do skleněné kádinky naplněné 9 l demineralizované vody byly v porézním koši jednotlivě ponořeny vermikomposty o hmotnosti 1000 g. Díky speciálně připravenému přístroji (obrázek č. 8) bylo možné ovlivnit proces louhování z hlediska teploty a provzdušňování roztoku. U obou typů výluhů byla teplota nastavena na 30 °C během celé doby extrakce, průtok vzduchu byl aktivován pouze u provzdušňovaných výluhů a to 10 NI/min. Pro důkladné mísení provzdušňovaných i neprovzdušňovaných roztoků během celé doby extrakce bylo na dno kádinky umístěno magnetické míchadlo se 750 otáčkami/minutu. U obou typů výluhů bylo dále možné pomocí připevněných sond na kádince po celou dobu louhování měřit pH, teplotu a měrnou vodivost výluhu a obsah rozpuštěného kyslíku ve výluhu.

Vzorky výluhu připravovaného tímto způsobem, byly odebírány plastovou stříkačkou v množství 250 ml v daných intervalech – po 1 h, 6 h, 12 h, 24 h a 48 h extrakce. Tento objem výluhu byl dále zpracováván v laboratorních prostorech na katedře agroenvironmentální chemie a výživy rostlin na fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů na České zemědělské univerzitě. Vzorek výluhu byl zde centrifugován při 6 000 otáčkách za minutu po dobu 10 minut. Poté bylo z každého vzorku odebráno 50 ml odstředěného výluhu do sterilních zkumavek k mikrobiologickému stanovení a uskladněny v lednici v demonstrační stáji v areálu České zemědělské univerzity v Praze.

Celkem tak bylo získáno 50 různých vzorků provzdušněných a neprovzdušněných výluhů z 5 druhů vermikompostu s rozdílnou délkou extrakce.

## 4.3 Stanovení mikroorganismů ve vermikompostech a ve vodních výluzích vermikompostů

Jako bioindikátor kvality vermikompostů byl u vzorků vermikompostů a jejich výluhů proveden základní mikrobiologický rozbor na stanovení počtu kolonie tvořících jednotek (KTJ) celkového počtu mikroorganismů, kvasinek a plísní a speciální mikrobiologický rozbor na stanovení počtu KTJ aktinomycet, bakterií rodu *Azotobacter*, P – solubilizujících bakterií a proteolytických bakterií. Ve své práci se zabývám pouze celkovým počtem mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísní. Výsledky ostatních druhů mikroorganismů v této práci nejsou zveřejněny.

### 4.3.1 Postup stanovení celkového počtu mikroorganismů

Základní mikrobiologickou charakteristikou půdních vzorků je celkový počet bakterií, kvasinek a plísní, stanovený kultivací za podmínek specifikovaných mezinárodní normou ČSN EN ISO 4833<sup>5</sup> - horizontální metodou stanovení mikroorganismů vyrostlých na pevné půdě po aerobní kultivaci při 30 °C.

Ze vzorků vodních výluhů byla připravena řada desetinásobných ředění postupným pipetováním 1 ml vzorku do zkumavky s 9 ml sterilní destilované vody. Pro stanovení počtu mikroorganismů bylo použito třetí desetinásobné ředění vzorků. Jako kultivační médium byla použita plotnová půda k počítání mikroorganismů Plate Count Agar (HiMedia, India). Příprava kultivačního média byla následovná. 23,5 g přípravku bylo naváženo do 1000 ml destilované vody, zahříváno do úplného rozpuštění a sterilizováno v autoklávu při 121 °C po dobu 15 minut.

Paralelně byl do tří sterilních Petriho misek přenesen 1 ml zředěného vzorku a přelito 12 až 15 ml agaru. Po promíchání kultivační půdy s inokulem byly Petriho misky ponechány ve vodorovné poloze a po úplném ztuhnutí půdy umístěny do inkubátoru dnem vzhůru. Inkubace probíhala 72 hodin při 30 °C. Po ukončené inkubaci se spočítaly kolonie na miskách.

### 4.3.2 Postup stanovení kvasinek a plísní

Kvasinky a plísně se kultivují na selektivních půdách potlačujících růst doprovodné bakteriální mikroflóry. Pro účely použité metody stanovení (ČSN ISO 21527-1,2)<sup>6</sup> jsou kvasinky definovány jako mezofilní aerobní mikroorganismy, vytvářející na mykologickém agarovém médiu po kultivaci při 30 °C matné nebo lesklé okrouhlé kolonie a plísně definovány jako mezofilní aerobní vláknité mikroorganismy vytvářející na mykologickém agarovém médiu po kultivaci při 30 °C ploché nebo chmýřovité kolonie.

Ze vzorků vodních výluhů bylo připraveno desetinásobné ředění postupným pipetováním 1 ml vzorku do zkumavek s 9 ml sterilní 0,1% peptonové vody. Pro stanovení počtu kvasinek a plísní ve výluzích bylo použito první desetinásobné ředění vzorků. Pro stanovení mikroorganismů ve vermikompostech druhé desetinásobné ředění. Jako kultivační médium byla použita selektivní kultivační půda - chloramfenikolový agar s dichloranem a bengálskou

---

<sup>5</sup>ČSN EN ISO 4833: Mikrobiologie potravin a krmiv – Horizontální metoda pro stanovení celkového počtu mikroorganismů – Technika počítání kolonií vykultivovaných při 30 °C

<sup>6</sup> ČSN ISO 21527-1,2: Mikrobiologie potravin a krmiv – Horizontální metoda stanovení počtu kvasinek a plísní

červení (HiMedia, India). Jeho příprava byla následovná. 15,75 g přípravku (HiMedia, India) bylo naváženo do 500 ml destilované vody. Poté zahříváno do úplného rozpuštění a sterilizováno v autoklávu při 121 °C po dobu 15 minut. Po ochlazení na 50 °C se přidalo 10 ml 1 % roztoku chloramfenikolu v ethylalkoholu a médium se promíchalo.

Paralelně na povrch tří Petriho misek s agarem bylo přeneseno sterilní pipetou 0,1 ml zředěného vzorku a rozetřeno po povrchu agarové plotny sterilní roztírací tyčinkou. Po vsáknutí vzorku do média byly připravené plotny 5 dní aerobně inkubovány víčky nahoru při teplotě 25 °C. Po ukončené inkubaci se spočítaly narostlé kolonie kvasinek a plísní.

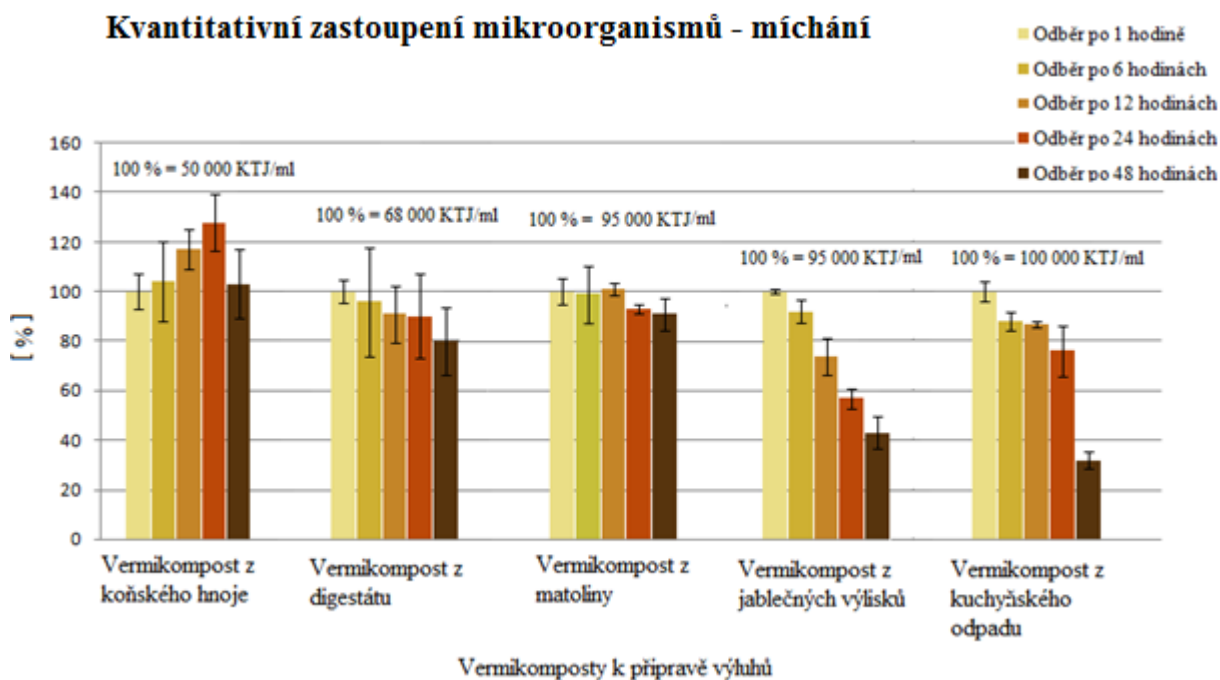
### **4.3.3 Postup stanovení aktinomycet**

Aktinomycety se stanovují kultivačně, metodou přímého výsevu na specifickém médiu.

Ze vzorků vodních výluhů z vermikompostů bylo připraveno desetinásobné ředění pipetováním 1 ml vzorku do zkumavek s 9 ml sterilní destilované vody. Pro stanovení aktinomycet ve výluzích bylo použito první desetinásobné ředění vzorků, pro stanovení ve vermikompostech třetí desetinásobné ředění. Jako kultivační médium byl použit Actinomycetes Agar (HiMedia, India) jehož příprava spočívala v navážení 77,22 g přípravku do 1000 ml destilované vody. Tato směs byla dále zahřívána do úplného rozpuštění a sterilizována v autoklávu při 121 °C po dobu 15 minut.

Paralelně byl do tří sterilních Petriho misek přenesen sterilní pipetou 1 ml zředěného vzorku a přelito 12 až 15 ml agaru. Po promíchání kultivační půdy s inokulem byly Petriho misky ponechány ve vodorovné poloze a po úplném ztuhnutí půdy umístěny do inkubátoru dnem vzhůru. Inkubace probíhala 7 dnů při 28 °C. Po ukončené inkubaci se spočítaly kolonie bakterií na miskách.

## 5 Výsledky



Graf 2: Celkový počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů v 1 ml výluhu (KTJ/ml) v závislosti na délce extrakce u neprovzdušněných výluhů z vermikompostu z různého organického materiálu

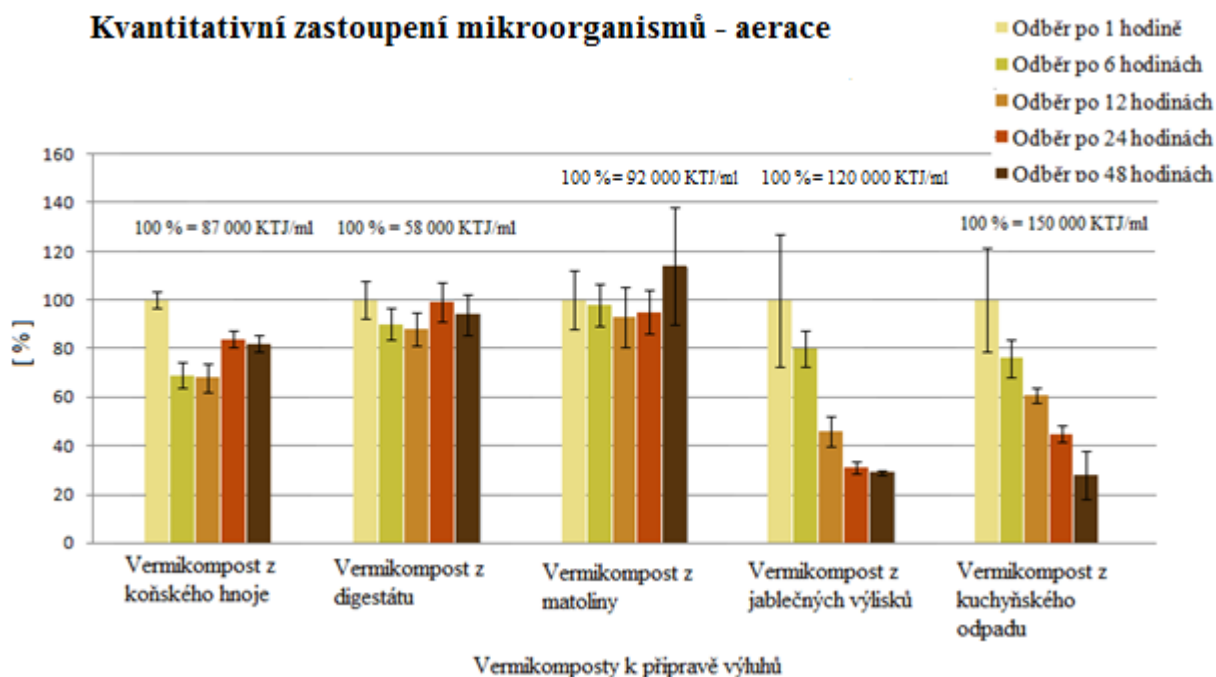
Z grafu č. 2 lze vyčíst největší zastoupení mikroorganismů po hodině extrakce u neprovzdušněného výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu, který čítal 100 000 kolonie tvořících jednotek na 1 ml výluhu (KTJ/ml). Počet mikroorganismů se však s délkou extrakce prudce snižoval. Po 48 hodinách se snížil téměř o 66 % a stal se tak výluhem s nejnižším počtem mikroorganismů (34 000 KTJ/ml) v této fázi extrakce.

Neprovzdušněný výluh z vermikompostu z matoliny a z jablečných výlísků měl po hodině extrakce shodně 95 000 KTJ/ml mikroorganismů. Zatímco počet mikroorganismů u výluhu z vermikompostu z jablečných výlísků se po 48 hodinách snížil o 58 % na 40 000 KTJ/ml, u výluhů z vermikompostu z matoliny se počet mikroorganismů během extrakce téměř neměnil. Po 48 hodinách bylo zaznamenáno snížení o pouhých 9,5 %.

U výluhu z vermikompostu z digestátu byla také zaznamenána tendence snížení koncentrace mikroorganismů úměrně s délkou extrakce. Po hodině extrakce zde bylo zaznamenáno 68 000 KTJ/ml mikroorganismů, po 48 hodinách se počet mikroorganismů snížil o 21 % na 54 000 KTJ/ml.

U výluhu z vermikompostu z koňského hnoje byla po hodině louhování zjištěna nejnižší koncentrace mikroorganismů (50 000 KTJ/ml) v porovnání s ostatními výluhy.

Průběh extrakce byl zde však zcela rozdílný. V prvních 24 hodinách byl zaznamenán sklon k navýšení koncentrace mikroorganismů. Po 24 hodinách louhování se jejich počet zvýšil o 27 % na 64 000 KTJ/ml. V následujících hodinách však nastal zlom a počet mikroorganismů se začal opět snižovat. Po 48 hodinách extrakce bylo kvantitativní zastoupení mikroorganismů téměř stejné jako po hodině extrakce (52 000 KTJ/ml).



**Graf 3:** Celkový počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů v 1 ml výluhu (KTJ/ml) v závislosti na délce extrakce u provzdušněných výluhů z vermikompostu z různého organického materiálu

V grafu č. 3, který ukazuje počet KTJ/ml mikroorganismů u provzdušněných výluhů, můžeme spatřit nejvyšší počet mikroorganismů po hodině louhování u výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu (150 000 KTJ/ml). V následujících hodinách u tohoto výluhu však nastalo prudké snížení počtu mikroorganismů. Po 48 hodinách extrakce se koncentrace mikroorganismů snížila o 73 % na 41 000 KTJ/ml.

Podobně prudký pokles, o 70 %, byl zaznamenán také u výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků. Po hodině extrakce výluh čítal 120 000 KTJ/ml, po 48 hodinách 36 000 KTJ/ml mikroorganismů. V obou výluzích byl pokles přímo úměrný s dobou extrakce.

U výluhu z vermikompostu z koňského hnoje, z digestátu a z matoliny byl průběh extrakce naopak značně kolísavý. U výluhu z matoliny byl zaznamenán stejný počet mikroorganismů po 48 hodinách louhování jako na začátku extrakce (920 000 KTJ/ml).

Koncentrace mikroorganismů ve výluhu z digestátu byla po hodině extrakce nejnižší v porovnání s ostatními výluhy (58 000 KTJ/ml). Počet mikroorganismů se však v průběhu nijak výrazně nesnížil (o pouhých 7 % na 54 000 KTJ/ml).

Podobně tomu bylo také u výluhu z vermikompostu z koňského hnoje. Po 48 hodinách louhování došlo ke snížení počtu mikroorganismů o 18 %. Z 87 000 KTJ/ml po hodině extrakce na 71 000 KTJ/ml po 48 hodinách extrakce.

U obou typů výluhů, s aerací i bez aerace, bylo nejvyšší zastoupení mikroorganismů na počátku extrakce zaznamenáno u výluhu z kuchyňského odpadu. V obou případech byl však zaznamenán také jejich značný pokles, nejprudší v porovnání s ostatními výluhy.

Shodný byl také průběh extrakce u provzdušněného a neprovzdušněného výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků. Po hodině extrakce byl u těchto výluhů zjištěn druhý nejvyšší počet mikroorganismů v porovnání s ostatními výluhy ve stejné fázi extrakce. V obou případech došlo k prudkému snížení koncentrace mikroorganismů přímo úměrně s délkou louhování. Provzdušněný výluh však vykazoval v porovnání s neprovzdušněným výluhem nižší počet mikroorganismů po 48 hodinách louhování. A to i přes jeho vyšší koncentrace mikroorganismů na počátku extrakce. Kolísavý průběh u výluhu z vermikompostu z koňského hnoje, digestátu a matoliny byl zaznamenán u obou typů výluhu, provzdušněného i neprovzdušněného.

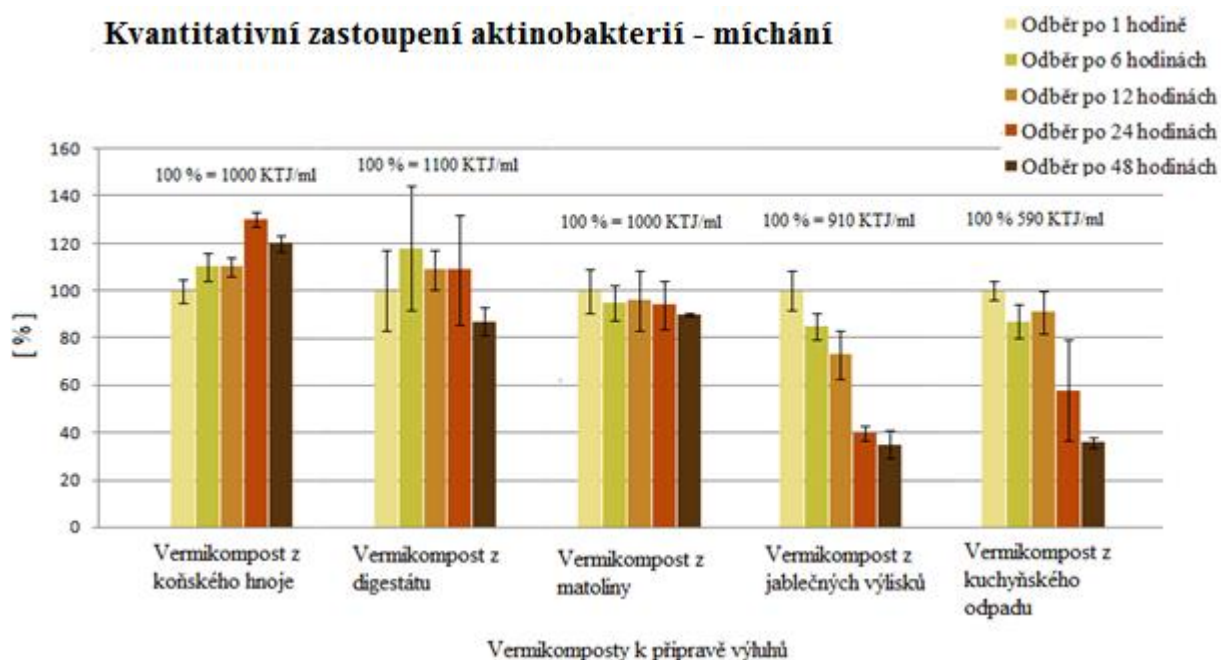
Vlivem provzdušňování byl zaznamenán nižší počet mikroorganismů po jedné hodině extrakce u vermikompostu z digestátu. Po 48 hodinách byl jejich počet shodný s výluhy bez aerace.

U výluhu z vermikompostu z matoliny byla na samém počátku extrakce zjištěna o něco vyšší koncentrace mikroorganismů u neprovzdušněných výluhů. Po 48 hodinách extrakce se však vlivem aerace počet mikroorganismů zvýšil, u provzdušněných výluhů byl počet mikroorganismů po 48 hodinách stejný jako po jedné hodině extrakce.

S již zmíněnými výjimkami byl ve valné většině vyšší počet mikroorganismů v provzdušněných výluzích v porovnání s výluhy bez aerace.



## Kvantitativní zastoupení aktinobakterií - míchání



Graf 4: Počet kolonie tvořících jednotek aktinomycet v 1 ml výluhu (KTJ/ml) v závislosti na délce extrakce u neprovzdušněných výluhů z vermikompostu z různého organického materiálu

V grafu č. 4 možno vyčíst největší zastoupení aktinomycet po hodině louhování u neprovzdušněného výluhu z vermikompostu z digestátu (1100 KTJ/ml). Po 48 hodinách kolísavé extrakce, byl zaznamenán pokles počtu aktinomycet v tomto výluhu o 13 % na 960 KTJ/ml.

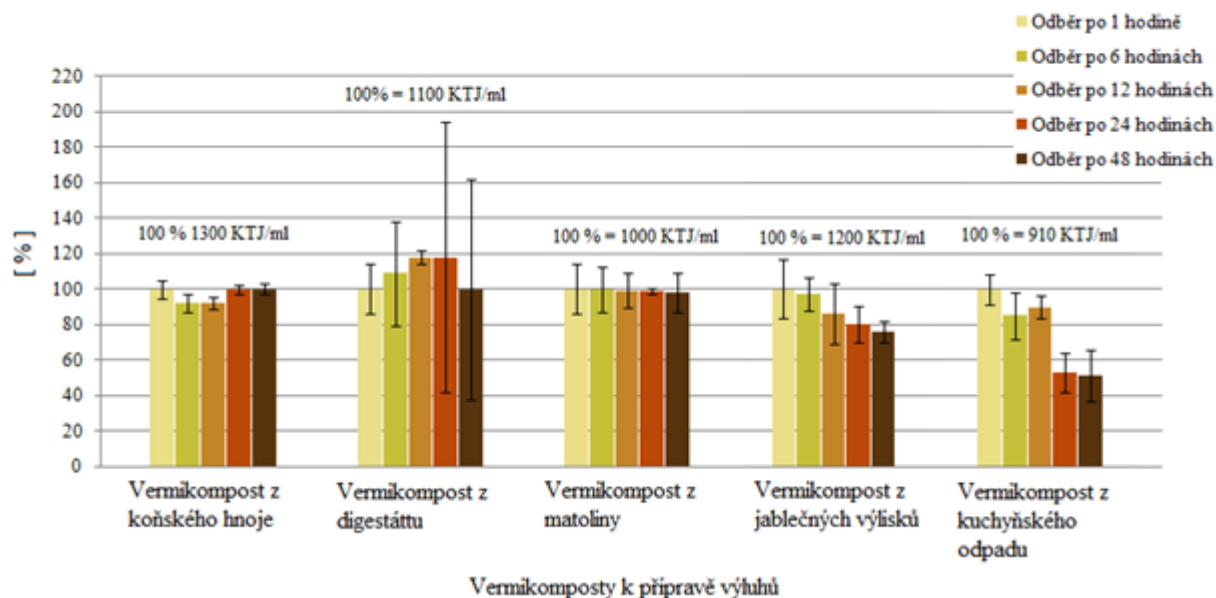
Kolísavý průběh extrakce lze také spatřit u výluhu z vermikompostu z matoliny. Po hodině extrakce byl počet aktinobakterií shodný s výluhem z vermikompostu z koňského hnoje (1000 KTJ/ml) ve stejné fázi extrakce. Po 48 hodinách se však jejich koncentrace snížila o 13,5 % na 900 KTJ/ml.

U výluhu z vermikompostu z koňského hnoje byla, jako u jediného výluhu, zaznamenána tendence zvýšení počtu aktinomycet, a to úměrně s délkou extrakce. Z 1000 KTJ/ml po hodině extrakce na 1200KTJ/ml po 48 hodinách louhování. Toto navýšení bylo o 20 %.

Naopak u výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků a kuchyňského odpadu nastalo značné snížení počtu aktinobakterií. Po hodinové extrakci byl jejich počet ve výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu výrazně nejnižší v porovnání s ostatními výluhy ve stejné fázi extrakce (pouhých 590 KTJ/ml). Tento počet se během extrakce snížil o 63 % na 220 KTJ/ml, což je po 48 hodinách louhování nejnižší počet KTJ aktinomycet v porovnání s ostatními neprovzdušněnými výluhy.

Podobně prudký pokles, o 65 %, byl zaznamenán u výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků. Po hodině extrakce počet čítal 910 KTJ/ml. Po 48 hodinách louhování došlo ke snížení až na 320 KTJ/ml.

### Kvantitativní zastoupení aktinobakterií - aerace



Graf 5: Počet kolonie tvořících jednotek aktinomycet v 1 ml výluhu (KTJ/ml) v závislosti na délce extrakce u provzdušněných výluhů z vermikompostu z různého organického materiálu

U grafů zaznamenávajících koncentraci aktinomycet v provzdušněných výluzích lze spatřit největší koncentraci aktinomycet po hodině extrakce u výluhu z vermikompostu z koňského hnoje (1300 KTJ/ml). Jejich počet se během extrakce příliš neměnil. Po 48 hodinách extrakce byla koncentrace aktinomycet v tomto výluhu stejná jako po hodině louhování. Stejný případ lze spatřit také u výluhu z vermikompostu z digestátu. Po hodině extrakce byl počet aktinomycet stejný jako po 48 hodinách louhování (1100 KTJ/ml).

Během louhování vermikompostu z matoliny se počet aktinomycet v tomto provzdušňovaném výluhu téměř neměnil. Po 48 hodinách louhování byl zjištěn pokles o pouhé 2 % (z 1000 KTJ/ml na 980 KTJ/ml).

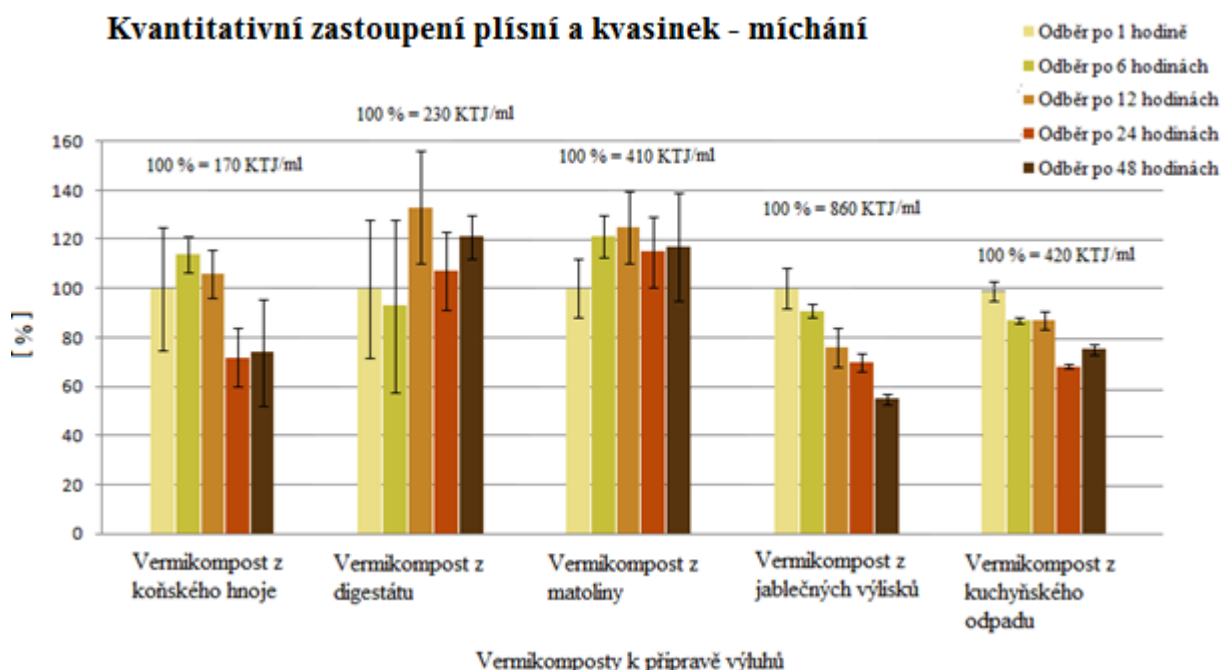
Lehce kolísavý průběh extrakce můžeme spatřit u výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu. Po jedné hodině extrakce, kdy výluh čítal 910 KTJ/ml se počet aktinomycet během následujících 47 hodin snížil o 48 %. Koncentrace aktinomycet ve výluhu z kuchyňského odpadu byla v porovnání s ostatními provzdušňovanými výluhy nejnižší po celou dobu extrakce.

Jediný výluh, jehož změny v počtu kolonií aktinomycet byly přímo úměrné s průběhem extrakce, byl výluh z vermikompostu z jablečných výlisků. Stejně jako u předchozího výluhu, i zde byl zaznamenán sklon k snižování počtu kolonií. Z 1200 KTJ/ml po hodině extrakce na 870 KTJ/ml po 48 hodinách louhování, pokles tedy nastal o 27 %.

Vermikomposty z kuchyňského odpadu vykazovaly v provzdušněném i neprovzdušněném výluhu nejnižší hodnoty v počtu kolonií aktinomycet jak po jedné hodině extrakce, tak i po 48 hodinách. V obou typech výluhů byl zaznamenán obdobně kolísavý průběh extrakce.

U výluhů z vermikompostu z digestátu a z matoliny byl po jedné hodině extrakce stejný počet kolonií u neprovzdušněných i provzdušněných výluhů. U výluhu s aerací byly tyto hodnoty téměř stejné i po dalších 47 hodinách louhování. U neprovzdušněných výluhů byl však počet aktinomycet nižší.

Díky aeraci je počet kolonií aktinomycet ve všech výluzích louhovaných po 48 hodin vyšší než ve výluzích bez provzdušnění. V případě poklesu počtu aktinomycet během extrakce je snížení u provzdušňovaných výluhů pozvolnější.



Graf 6: Počet kolonie tvořících jednotek plísní a kvasinek v 1 ml výluhu (KTJ/ml) v závislosti na délce extrakce u neprovzdušněných výluhů z vermikompostu z různého organického materiálu

V grafu č. 6, jenž znázorňuje počet kolonií plísní a kvasinek u neprovzdušněných výluhů, si můžeme všimnout výrazně vyšší koncentrace plísní a kvasinek u výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků (860 KTJ/ml) po hodině extrakce. U tohoto výluhu byl

počet kolonií dvojnásobný v porovnání s výluhem z vermikompostu z kuchyňského odpadu, který ve stejné fázi extrakce obsahoval druhý nejvyšší počet kolonií plísní a kvasinek (420 KTJ/ml). U obou těchto výluhů se počet kolonií po 48 hodinách snížil. U výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků byl pokles počtu kolonií přímo úměrný s dobou extrakce a nejprudší v porovnání s ostatními výluhy. I přes tento prudký pokles byla koncentrace plísní a kvasinek v tomto výluhu nejvyšší v porovnání s ostatními výluhy po 48 hodinové extrakci (500 KTJ/ml).

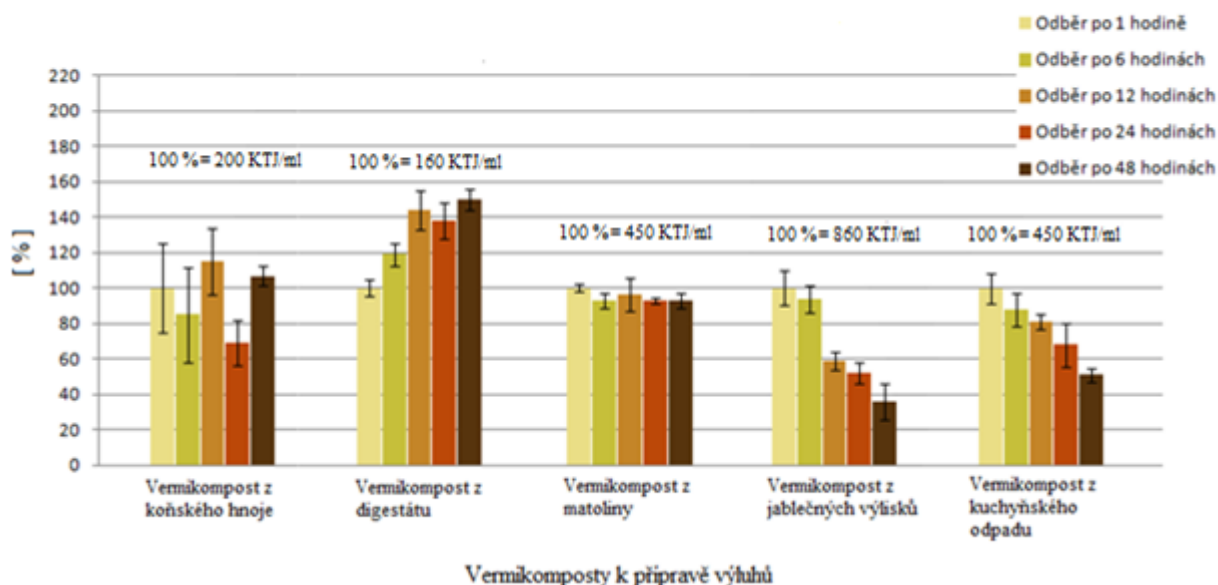
Naopak nejnižší koncentrace plísní a kvasinek po hodině extrakce byla zaznamenána u výluhu z vermikompostu z koňského hnoje (170 KTJ/ml). Průběh této extrakce byl značně kolísavý. Po 47 hodinách louhování se počet kolonií plísní a kvasinek snížil v tomto výluhu o 30 %. Zastoupení plísní a kvasinek tak bylo několikanásobně nižší v porovnání s ostatními výluhy v této fázi extrakce (130 KTJ/ml).

Kolísavý průběh extrakce můžeme spatřit také u výluhu z vermikompostu z digestátu a matoliny. Zde však byla zaznamenána tendence zvyšování počtu kolonií v průběhu extrakce.

Poměrně nízký počet plísní a kvasinek u výluhu z vermikompostu z digestátu po hodině extrakce (230 KTJ/ml) se zvýšil o 23 % na 280 KTJ/ml.

Počet kolonií plísní a kvasinek z vermikompostu z matoliny vzrostl v průběhu extrakce o 17 %. Ze 410 KTJ/ml ve výluhu po hodině extrakce na 480 KTJ/ml po 48 hodinách louhování.

## Kvantitativní zastoupení plísní a kvasinek - aerace



Graf 7: Počet kolonie tvořících jednotek plísní a kvasinek v 1 ml výluhu (KTJ/ml) v závislosti na délce extrakce u provzdušněných výluhů z vermikompostu z různého organického materiálu

Na grafu č. 7 zaznamenávajícím počet kolonií plísní a kvasinek v provzdušňovaných výluhách lze vidět jejich vysokou koncentraci u výluhu z vermikompostu z jablečných výlísků (860 KTJ/ml). Jejich počet však s průběhem extrakce rychle klesl. Po 47 hodinách došlo ke snížení o 64 %, z 860 na 310 KTJ. Tento pokles byl přímo úměrný s délkou extrakce.

Stejný průběh byl také u výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu. U tohoto výluhu byl pokles o něco pozvolnější, počet plísní a kvasinek se snížil ze 450 KTJ/ml po hodině extrakce na 230 KTJ/ml po 48 hodinách louhování.

U výluhů z vermikompostu z koňského hnoje a z digestátu byl zaznamenán naopak značně kolísavý průběh extrakce. Během 48 hodin louhování došlo v obou případech k navýšení koncentrace plísní a kvasinek ve výluhách. U koňského hnoje bylo toto navýšení minimální, o pouhých 7 %, z 200 KTJ/ml po hodině extrakce na 210 KTJ/ml po 48 hodinách extrakce. Výraznější zvýšení 50%, bylo zjištěno u výluhu z digestátu. Po hodině louhování byl zde počet kolonií nejnižší ze všech výluhů v této fázi extrakce (160 KTJ/ml), po dalších 47 hodinách se jejich počet zvýšil na 240 KTJ/ml.

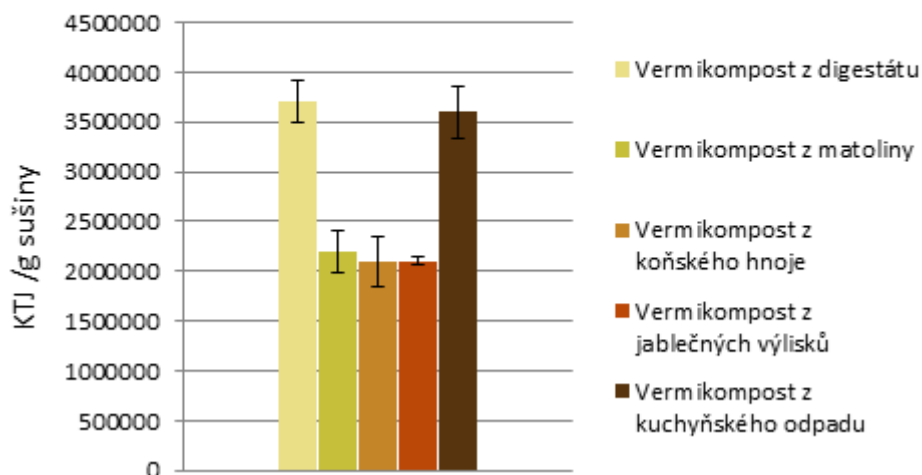
Při pohledu na graf si můžeme všimnout minimální změny v počtu plísní a kvasinek u výluhu z vermikompostu z matoliny v závislosti na délce extrakce. Po 48 hodinách se jejich počet snížil o 7 %, ze 450 na 420 KTJ/ml.

Ať už byl výluh s aerací nebo bez aerace, výrazně vyšší počet kolonií plísní a kvasinek byl na počátku extrakce zaznamenán u výluhu z vermikompostu z jablečných výlísků

v porovnání s ostatními výluhy. Obě tyto hodnoty byly navíc shodné. U obou výluhů také došlo k nejvýraznějšímu snížení během louhování v porovnání s ostatními vzorky u daného typu extrakce. U provzdušněných výluhů byl tento pokles o něco výraznější.

S výjimkou výluhů z vermikompostu z digestátu a z jablečných výlisků byla koncentrace plísní a kvasinek po hodině extrakce vyšší u provzdušňovaných výluhů v porovnání s neprovzdušněnými výluhy. Naopak neprovzdušněné výluhu vykazují vyšší počty plísní a kvasinek po 48 hodinové extrakci, s výjimkou výluhu z koňského hnoje.

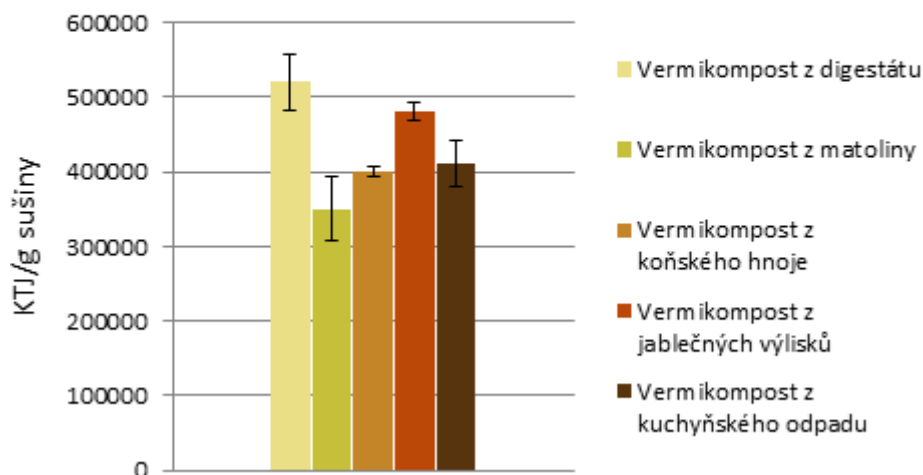
### Kvantitativní zastoupení mikroorganismů ve vermikompostech



Graf 8: Celkový počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů v 1 g sušiny (KTJ/g sušiny) v různých druzích vermikompostů použitých pro přípravu výluhů

Z grafu č. 8 zaznamenávajícího celkové zastoupení mikroorganismů ve vermikompostu z různého organického materiálu lze vyčíst jejich nejvyšší počet u vermikompostů z digestátu (3 700 000 KTJ/g sušiny) a z kuchyňského odpadu (3 600 000 KTJ/ g sušiny). U zbylých třech druhů vermikompostů, tedy u vermikompostu z matoliny, koňského hnoje a jablečných výlisků, bylo zastoupení mikroorganismů téměř stejné (2 100 000 – 2 200 000 KTJ/g sušiny).

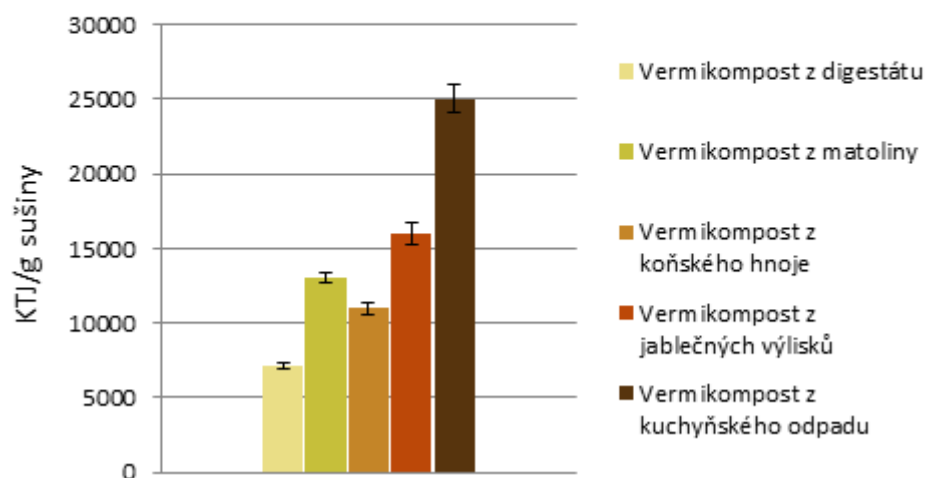
### Kvantitativní zastoupení aktinobakterií ve vermikomostech



Graf 9: Počet kolonie tvořících jednotek aktinobakterií v 1 g sušiny (KTJ/g sušiny) v různých druzích vermikompostů použitých pro přípravu výluhů

Z grafu č. 9 je zřejmé, že nejnižší koncentrace aktinomycet je ve vermikompostu z matoliny (350 000 KTJ/g sušiny). Naopak nejvyšší počet aktinomycet je u vermikompostu z digestátu (520 000 KTJ/g sušiny). Vysoké zastoupení aktinobakterií bylo zjištěno také u vermikompostu z jablečných výlisků (480 000 KTJ/g sušiny). Téměř stejné hodnoty počtu aktinomycet můžeme vidět u vermikompostu z koňského hnoje a vermikompostu z kuchyňského odpadu (400 000 – 410 000 KTJ/g sušiny).

### Kvantitativní zastoupení plísní a kvasinek ve vermikompostech



Graf 10: Počet kolonie tvořících jednotek plísní a kvasinek v 1 g sušiny (KTJ/g sušiny) v různých druzích vermikompostů použitých pro přípravu výluhů

Nejnižší počet kolonií plísní a kvasinek byl zaznamenán u vermikompostu z digestátu (7 100 KTJ/g sušiny). Vermikompostem s druhým nejnižším zastoupením plísní a kvasinek je vermikompost z koňského hnoje (11 000 KTJ/g sušiny). Další v pořadí je vermikompost z matoliny (13 000 KTJ/g sušiny), vermikompost z jablečných výlisků (16 000 KTJ/g sušiny) a vermikompost z kuchyňského odpadu (25 000 KTJ/g sušiny).



## 6 Diskuze

Aktivita a rozvoj půdních mikroorganismů je ovlivněn mnoha faktory, které jsou v neustálé interakci (druh a obsah přítomných živin, poměr klíčových živin, poměr C : N, teplota, zastoupení minerálních a organických látek, solí, obsah rozpuštěného O<sub>2</sub>, obsah vody, stimulační a inhibiční činnost jiných organismů, hodnota pH a další) (Madigan et al., 2011). Při extrakci vermikompostů byly v jejich výluzích vedle mikrobiálního zastoupení sledovány také některé výše zmiňované faktory (viz graf č. 11 - 20).

Nejvyšší koncentrace a diverzita aktinobakterií je v půdách s neutrálně až slabě kyselým pH. V takovém prostředí mnohonásobně převyšuje koncentrace mikromycet (Madigan et al., 2011). V této práci můžeme zaznamenat stejné závěry u sledovaných vermikompostů (graf č. 9,10) a následně i jejich výluhů (graf č. 4, 5, 6, 7).

Ve výluhu, který byl vytvořen extrakcí vermikompostu z koňského hnoje (s aerací i bez aerace) je zjištěn nejvyšší počet aktinobakterií během louhování v porovnání s výluhy z jiných organických materiálů. Koncentrace plísní a kvasinek v tomto výluhu je naopak nejnižší (graf č. 6, 7). Výluhy z tohoto organického materiálu jako jediné ze všech pozorovaných výluhů vykazovaly hodnoty pH v oblasti slabě kyselé reakce (graf č. 16), což upřednostňují všechny tři druhy sledovaných mikroorganismů – aktinobakterie (Madigan et al., 2011), kvasinky (Botha, 2011) i plísně (Klaban, 2005).

Jedním z faktorů a možným vysvětlením této výrazné převahy aktinobakterií je jejich rychlejší rozmnožování v porovnání s plísněmi a kvasinkami (Šilhánková, 2002). Je tedy možné, že v případě optimálního prostředí jak pro aktinobakterie, tak i pro plísně a kvasinky, dojde vlivem rychlého rozmnožování aktinobakterií k jejich převaze. Ty pak v rámci konkurenčních bojů o živiny a životní prostor nedovolí většímu nárůstu plísní a kvasinek.

Největší zastoupení plísní a kvasinek je zaznamenáno po hodině extrakce u provzdušněných i neprovzdušněných výluhů z vermikompostu z jablečných výlisců (graf č. 6, 7). Množství plísní a kvasinek se však v průběhu reakce prudce snižovalo.

Domnívám se, že tento průběh mohl být ovlivněn vysokými koncentracemi živin ve formě, která je mikroorganismy snadno asimilovatelná, a také vhodnými podmínkami ve výluhu, především koncentrací vodíkových iontů (hodnota pH), jež příjem živin značně ovlivňuje (Pichtel, 2005). Dále také vyšším množstvím dobře rozložitelných látek mikroorganismy, např. glukózy, která je v jablečných výliscích zastoupena v hojném množství (Gullón et al., 2007) a která zvyšuje počet mikrobiální populace (Urbánková, 2011). Je tedy možné, že na počátku extrakce došlo k rychlému namnožení plísní a kvasinek

a rychlému vyčerpání živin, což se v následujících hodinách projevilo rychlým snížením jejich počtu.

Tento faktor by mohl být vysvětlením i pro klesající tendence počtu aktinobakterií a celkového zastoupení mikroorganismů během extrakce ve výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků. Dále také pro všechny sledované mikroorganismy ve výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu. Ve všech těchto výluzích převládal sklon k prudkému snižování mikrobiální populace úměrně s délkou extrakce.

U výluhu z vermikompostu z digestátu (s aerací i bez aerace) byla stanovena vyšší hodnota měrné vodivosti (graf č. 12), tedy vyšší obsah solí na které jsou mikroorganismy citlivé (Pope, 1996). Tato skutečnost by mohla vysvětlovat výrazně nižší koncentraci mikroorganismů v porovnání se všemi ostatními výluhy s výjimkou výluhu z vermikompostu z koňského hnoje, kde byl u neprovzdušněné varianty zjištěn ještě nižší počet mikroorganismů. Naopak nejvyšší koncentrace mikrobiální biomasy po 48 hodinách extrakce je zaznamenána u výluhu z vermikompostu z matoliny. A to i přes to, že tento substrát k přípravě vermikompostu pro svůj vyšší obsah kyselin a silic omezuje činnost mikroorganismů (Zemánek et al., 2010).

Pant et al. (2009) ve své studii nezaznamenal vliv aerace na zvýšení počtu mikroorganismů ve výluzích. Kvantitativní zastoupení mikroorganismů v provzdušněných výluzích bylo stejné jako ve výluzích neprovzdušněných. Tyto výsledky však nekorespondují se zjištěnými údaji v této práci. Díky aeraci byl celkový počet mikroorganismů po 48 hodinách extrakce mírně vyšší u všech výluhů kromě výluhu z digestátu a jablečných výlisků. U provzdušněného výluhu z jablečných výlisků byl na konci extrakce mírně nižší počet mikroorganismů v porovnání s neprovzdušněným výluhem (tabulka č. 11, 12). U výluhu z vermikompostu z digestátu byl počet mikroorganismů u provzdušněného a neprovzdušněného výluhu stejný (tabulka č. 7, 8).

Také samotné aktinobakterie reagovaly na přísun vzduchu během louhování zvýšením své populace. Zjištěný vyšší počet většiny mikroorganismů v provzdušňovaných výluzích lze vysvětlit dostatečným přísunem kyslíku pro růst a množení aerobních mikroorganismů. Pokud ve výluhu není dosaženo potřebné úrovně kyslíku, aerobní mikroorganismy umírají a spektrum mikroorganismů je zúženo pouze na mikroorganismy anaerobní (Ingham, 2005).

Naopak zastoupení plísní a kvasinek bylo vyšší u neprovzdušněných výluhů (s výjimkou výluhu z vermikompostu z koňského hnoje). Možným vysvětlením je schopnost kvasinek přepínat mezi aerobní respirací a anaerobní fermentací. Je možné, že po snížení hladiny rozpuštěného kyslíku ve výluhu se sníží zastoupení mikroorganismů o ty, které

pro svůj život kyslík potřebují. Z hlediska konkurence o živiny může být tento stav pro kvasinky výhodný.

## 7 Závěr

- Nejvyšší zastoupení mikrobiální populace po 48 hodinách provzdušňované i neprovzdušňované extrakce byl u výluhu z vermikompostu z matoliny. Nejnižší hodnoty počtu mikroorganismů ve stejné fázi extrakce byly zaznamenány u výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu (v případě neprovzdušňované varianty) a vermikompostu z jablečných výlisků (v případě provzdušňované varianty).
- Výluh z koňského hnoje (s aerací i bez aerace) představoval ve srovnání s ostatními sledovanými výluhy neoptimálnější prostředí pro rozvoj aktinobakterií. Naopak u výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu (v případě provzdušňované i neprovzdušňované výluhu) byl počet aktinobakterií během extrakce nejnižší.
- Nejvyšší mikrobiální populace plísní a kvasinek po 48 hodinách neprovzdušňované extrakce byla zjištěna u výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků. Při extrakci s aktivním provzdušňováním byl nejvyšší počet těchto mikroorganismů u výluhu z vermikompostu z matoliny. Nejnižší zastoupení plísní a kvasinek během extrakce bylo vyhodnoceno u výluhu z vermikompostu z koňského hnoje, bez rozdílu způsobu louhování.
- Téměř ve všech případech je zjištěn klesající stav kvantitativního zastoupení sledovaných mikroorganismů přímo úměrně s délkou vyluhování z vermikompostu z jablečných výlisků a z kuchyňského odpadu.
- Naopak u výluhu z vermikompostu z koňského hnoje, digestátu a matoliny je koncentrace mikroorganismů v průběhu extrakce stabilnější.
- V porovnání s neprovzdušňovanými výluhy měla aerace během extrakce téměř ve všech případech pozitivní vliv na konečné kvantitativní zastoupení celkového počtu mikroorganismů (výjimkou je výluh z vermikompostu z jablečných výlisků, kde byl zjištěn vyšší počet mikroorganismů u neprovzdušňované varianty).
- U aktinobakterií byl tento jev ve všech případech. Po 48 hodinách extrakce byl jejich počet vždy vyšší u výluhu s aerací než u výluhů bez aerace.
- Naopak aerace měla negativní vliv na zastoupení plísní a kvasinek ve výluzích. S výjimkou výluhu z vermikompostu z koňského hnoje, byl po 48 hodinách louhování vyšší počet plísní a kvasinek v neprovzdušňovaných výluzích.

## 8 Seznam literatury

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Lee, L., Byrne, R. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *Soil Biology* [online]. 2006. 42. [cit. 2014-01-19]. Dostupné z <<http://www.biosci.ohio-state.edu/~soilecol/Full%20articles/2006/Effects%20of%20humic%20acids.pdf>>.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Yardim, E.N., Oliver, T.J., Byrne, R.j., Keeney, J. Suppression of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*), mealy bug (*Pseudococcus* sp) and aphid (*Myzus persicae*) populations and damage by vermicomposts. *Crop Protection* [online]. 2007a. 26 (1). [cit. 2014-03-02]. Dostupné z <<http://www.biosci.ohio-state.edu/~soilecol/Full%20articles/2007/Suppression%20of%20two%20spotted%20spider%20mite.pdf>>.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Dick, R., Dick, L. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle* [online]. 2007b. 48. [cit. 2014-03-02]. Dostupné z <<http://betuco.be/compost/Vermicompost%20tea%20production.pdf>>.

Baker, R., Griffin, G.J. 1995. Molecular strategies for biological control of fungal plant pathogens. In: Reuveni, R. (ed.). *Novel approaches to integrated pest management*. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida. p. 153-182. ISBN: 13: 978-0873718813.

Bardgett, R. D., Griffiths, B. S. 1997. Ecology and biology of soil protozoa, nematodes and microarthropods. In: Van Elsal, J.D., Trevors, J.T., Wellington, E.M.H. (eds.). *Modern soil microbiology*. Marcel Dekker. New York. p. 129-163. ISBN: 0-8247-9436-2.

Bendová, O., Jaderová, B. 1985. *Základy biologie kvasinek*. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. s. 88. ISBN: 80-7066-029-5.

Bentz, J.A., Reeves, J., Barbosa, P., Francis, B. Nitrogen Fertilizer Effect on Selection, Acceptance, and Suitability of *Euphorbia pulcherrima* (Euphorbiaceae) as a Host Plant to *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology* [online]. 1995. 24 (1). [cit. 2014-03-03]. Dostupné z <<http://ee.oxfordjournals.org/content/24/1/40>>.

Botha, A. The importance and ecology of yeast in soil. *Soil Biology and Biochemistry* [online]. 2011. 43 (1). [cit. 2014-01-10]. Dostupné z <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071710003718>>.

De Schrijver, A., De Mot, R. Degradation of pesticides by actinomycetes. *Critical Reviews in Microbiology Sciences* [online]. 1999. 25 (2). [cit. 2014-01-28]. Dostupné z <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10405795>>.

Deppe, U., Richnow, H.-H., Michaelis, W., Antranikian, G. Degradation of crude oil by an arctic microbial consortium. *Extremophiles* [online]. 2005. 9 (6). [cit. 2014-02-24]. <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00792-005-0463-2>>.

Diver, S. Notes on Compost Tea: A Supplement to the ATTRA Publication „Compost Teas for Plant Disease Control“. National Sustainable Agriculture Information Service [online]. 2002. [cit. 2014-01-23]. Dostupné z <<http://attra.ncat.org/attra-pub/compost-tea-notes.html>>.

Dixon, R.A., Paiva, N.L. Stress-Induced Phenylpropanoid Metabolism. *The Plant Cell* [online]. 1995. 7 (7). [cit. 2014-2-22]. Dostupné z <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC160915/pdf/071085.pdf>>.

Domínguez, J., Edwards, C.A. Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure. *Soil Biology & Biochemistry* [online]. 1977. 29 (3/4). [cit. 2014-02-19]. Dostupné z <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071796002763>>.

Edwards, C.A., Fletcher, K.E. 1988. Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter breakdown. In: Edwards, C.A., Stinner, B.R., Stinner, D., Rabatin, S. (eds.). *Biological interactions in soil*. Elsevier Science Ltd. Amsterdam, The Netherlands. p. 235-248. ISBN: 13: 9780444871541

Edwards, C.A., Arancon, N.Q. Vermicomposts Suppress Plant Pest And Disease Attacks. *BioCycle* [online]. 2004a. 45 (3). [cit. 2014-02-24]. Dostupné z <<http://connection.ebscohost.com/c/arties/12621033/vermicomposts-suppress-plant-pest-disease-attacks>>.

Edwards, C.A., Domínguez, J., Arancon, N. 2004b. The influence of vermicomposts on plant growth and pest incidence. In: Shakir Hanna, S.H., Mikhail, W.Z.A. (eds.). *Soil Zoology For Sustainable Development In The 21<sup>st</sup> Century*. Self-Publisher. Cairo, Egypt. p. 397-420. ISBN: 977-17-1903-3.

Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Emerson, E., Pulliam, R. Suppression of Plant Parasitic Nematodes and Arthropod Pests by Vermicompost Teas. *BioCycle* [online]. 2007. [cit. 2014-02-09]. Dostupné z <[http://www.slocountyworms.com/wp-content/uploads/2010/02/bc0712\\_38-BioCycle.pdf](http://www.slocountyworms.com/wp-content/uploads/2010/02/bc0712_38-BioCycle.pdf)>.

Edwards, C.A., Norman, Q.A., Bennett, M.V., Askar, A., Keeney, G. Effect of aqueous extracts from vermicomposts on attacks by cucumber beetles (*Acalymna vittatum*) (Fabr.) on cucumbers and tobacco hornworm (*Manduca sexta*) (L.) on tomatoes. *Pedobiologia* [online]. 2010. 53 (2). [cit. 2014-03-03]. Dostupné z <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031405609000766>>.

Estiarte, M., Filella, I., Serra, J., Peñuelas, J. Effects of nutrient and water stress on leaf phenolic content of peppers and susceptibility to generalist herbivore *Helicoverpa armigera* (Hubner). *Oecologia* [online]. 1994. 99 (3/4). [cit. 2014-01-13]. Dostupné z <<http://link.springer.com/article/10.1007%2F00627753>>.

Fuentes, M.S., Benimeli, C.S., Cuozzo, S.A., Amoroso, M.J. Isolation of pesticide-degrading actinomycetes from a contaminated site: Bacterial growth, removal and dechlorination of organochlorine pesticides. *International Biodeterioration and Biodegradation* [online]. 2010. 64 (6). [cit. 2014-02-23]. Dostupné z <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830510000764>>.

Garg, V.K., Suthar, S., Yadav, A. Management of food industry waste employing vermicomposting technology. *Bioresource Technology* [online]. 2012. 126. [cit. 2014-02-21]. Dostupné z: <[http://www.zpsmarmara.com/en\\_ar-ge/ZPS-ARGE9.pdf](http://www.zpsmarmara.com/en_ar-ge/ZPS-ARGE9.pdf)>.

Gullón, B., Falqué, E., Alonso, J.L., Parajó, J.C. Evaluation of Apple Pomace as a Raw Material for Alternative Applications in Food Industries. *Food Technology and Biotechnology* [online]. 2007. 45 (4). [cit. 2014-02-19]. Dostupné z: <[http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=37780](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=37780)>.

Gunadi, B., Edwards, C.A. The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae). *Pedobiologia* [online]. 2002. 47 (4). [cit. 2014-02-21]. Dostupné z <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003140560470205X>>.

Hajšlová, J., Schulzová, V. 2006. Porovnání produktů ekologického a konvenčního zemědělství. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha. s. 23. ISBN: 80-7271-181-4.

Hanč, A., Chadimová, Z. Nutrient recovery from apple pomace waste by vermicomposting technology. *Bioresource Technology* [online]. 2014. 168 (1). [cit. 2014-01-03]. Dostupné z <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24582426>>.

Hanč, A., Plíva, P. 2013a. Vermikompostování bioodpadů (certifikovaná metodika). Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha. s. 35. ISBN: 978-80-213-2422-0.

Hanč, A., Plíva, P. Vermicomposting technology as a tool for nutrient recovery from kitchen bio-waste. *Journal of Material Cycles and Waste Management* [online]. 2013b. 15 (4). [cit. 2014-02-02]. Dostupné z <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10163-013-0127-8>>.

Hanč, A., Vašák, F. Processing separated digestate by vermicomposting technology using earthworms of the genus *Eisenia*. *International Journal of Environmental Science and Technology* [online]. 2014. 12 (4) [cit. 2014-01-03]. Dostupné z <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13762-014-0500-8>>.

Herms, D.A. Effects of Fertilization on Insect Resistance of Woody Ornamental Plants: Reassessing an Entrenched Paradigm. *Environmental Entomology* [online]. 2002. 31 (6). [cit. 2014-03-03]. Dostupné z <[http://www.oardc.ohio-state.edu/hermslab/images/Herms\\_2002\\_Envir\\_Entomol\\_Fertilization\\_and\\_Insect\\_Resistance%281%29.pdf](http://www.oardc.ohio-state.edu/hermslab/images/Herms_2002_Envir_Entomol_Fertilization_and_Insect_Resistance%281%29.pdf)>.

Ingham, E.R. The Compost Tea Brewing Manual (fifth edition) [online]. Soil Foodweb Incorporated. 2005 [cit. 2014-1-29]. Dostupné z <[http://ecologiesurleweb.free.fr/docs/Docs\\_agir/Lombricomposteur/Brew%20Manual%20c%20ompost%20tea.pdf](http://ecologiesurleweb.free.fr/docs/Docs_agir/Lombricomposteur/Brew%20Manual%20c%20ompost%20tea.pdf)>.

Klaban, V. 2005. Ilustrovaný mikrobiologický slovník. Galén. Praha. s. 654. ISBN: 80-7262-341-9.

Lachance, M.A., Bowles, J.M., Mueller, C., Starmer, W.T. On the biogeography of yeasts in the *Wickerhamiella* clade and description of *Wickerhamiella lipophila* sp. nov., the teleomorph of *Candida lipophila*. *Canadian Journal of Microbiology* [online]. 2000. 46 (12). [cit. 2014-01-19]. Dostupné z <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11142405>>.

Lachnicht, S. L., Hendrix, P.F. Interaction of earthworm *Diplocardia mississippiensis* (Megascolecidae) with microbial and nutrient dynamics in subtropical Spodosol. *Soil Biology & Biochemistry* [online]. 2001. 33 (10). [cit. 2012-01-20]. Dostupné z <<http://afsrweb.usda.gov/SP2UserFiles/Place/50600000/Products-Reprints/2001/1253.pdf>>.

Machálek, A. 2011. Zpráva o činnosti 2010. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha. s. 84. ISBN: ISBN 978-80-86884-57-8.

Madigan, M.T., Martinko, M.T., Stahl, D., Clark, D.P. 2011. *Brock Biology of Microorganisms* (13th Edition). Pearson Benjamin-Cummings. San Francisco. p. 1152. ISBN: 13: 978-0321649638.

Marschner, H. 2006. *Mineral Nutrition of Higher Plants* (2nd edition). Academic Press. London. p. 889. ISBN: 978-0-12-473543-9.

Mikeš, J., Siglová, M., Minařík, M. Biofiltrace jako prostředek eliminaci zápachu při anaerobní digestaci. *Odpadové fórum* [online]. 2008. 12. [cit. 2014-03-07]. Dostupné z <[http://www.ekomonitor.eu/sites/default/files/soubory/Inovativni/2008/2008\\_Mikes\\_FT.pdf](http://www.ekomonitor.eu/sites/default/files/soubory/Inovativni/2008/2008_Mikes_FT.pdf)>.

Mukherjee, P.K., Horwitz, B.A., Kenerley, C.M. Secondary metabolism in *Trichoderma* - a genomic perspective. *Microbiology* [online]. 2012. 158. [cit. 2014-02-22]. Dostupné z <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21998165>>.

Munroe, G. *Manual of On-Farm Vermicomposting and Vermiculture* [online]. 2009 [cit. 2014-1-29]. Organic Agriculture Centre of Canada. Dostupné z <[http://oacc.info/docs/vermiculture\\_farmersmanual\\_gm.pdf](http://oacc.info/docs/vermiculture_farmersmanual_gm.pdf)>.

Nagavallemma, K.P., Wani, S.P., Stephane, L., Padmaja, V.V., Vineela, C., Babu Rao, M., Sahrawat, K.L. *Vermicomposting: Recycling Wastes into Valuable Organic Fertilizer*. *E-SAT Journal* [online]. 2006. 2 (1). [cit. 2014-2-22]. Dostupné z <<http://www.icrisat.org/journal/agroecosystem/v2i1/v2i1vermi.pdf>>.

Nassar, A., El-Tarabily, K., Sivasithamparam, K. Promotion of plant growth by an auxin-producing isolate of the yeast *Williopsis saturnus* endophytic in maize (*Zea mays* L.) roots. *Biology and Fertility of Soils* [online]. 2005. 42(2). [cit. 2014-02-19]. Dostupné z <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00374-005-0008-y>>.

National Organic Standards Board. *NOSB Recommendation for Guidance: Use of Compost, Vermicompost, Processed Manure and Compost Tea*. United States Department of Agriculture [online]. 2006 [cit. 2014-01-16]. Dostupné z <<http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5057102>>.



Ndegwa, P.M., Thompson, S.A. Effects of C to N ratio on vermicomposting of biosolids. *Bioresource Technology* [online]. 2000. 75 (1). [cit. 2014-02-21]. Dostupné z <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852400000389>>.

Ndegwa, P.M., Thompson, S.A. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresour Technology* [online]. 2011. 76 (2). [cit. 2014-02-26]. Dostupné z <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11131792>>.

Pant, A.P., Radovich, T.J., Hue, N.V., Talcott, S.T., Krenek, K.A. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Science of Food and Agriculture* [online]. 2009. 89 (14). [cit. 2014-03-19]. Dostupné z <<http://www.ctahr.hawaii.edu/huen/Pant%20et%20al-2009.pdf>>.

Pathma, J., Kennedy, G.R., Kamaraj, R., Subashri, R., Sakthivel, N. Secondary Metabolite Production by Bacterial Antagonists. *Journal of Biological Control* [online]. 2011. 25 (3). [cit. 2014-02-18]. Dostupné z <<http://journalofbiologicalcontrol.com/index.php/jbc/article/view/39985>>.

Pathma, J., Sakthivel, N. Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *SpringerPlus* [online]. 2012. 1 (26).[cit. 2014-03-01]. Dostupné z <<http://www.biomedcentral.com/content/pdf/2193-1801-1-26.pdf>>.

Pichtel, J. 2005. *Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial*. Taylor & Francis Group, LLC. UK. p. 688. ISBN: 9780849335259 - CAT# 3525.

Plíva, P., Banout, J., Habart, J., Jelínek, A., Kollárová, M., Roy, A., Tomanová, D. 2006. *Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu*. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha. s. 65. ISBN: 80-86884-11-2.

Pomichálková, E. 2013. *Vlastnosti vodných výluhů z vermikompostu*. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. s. 57

Pope, D. 1996. Land Treatment. In: United States Environmental Protection Agency, Washington, DC. Office of Research and Development (ed.). *Bioremediation of Hazardous Waste Sites: Practical Approaches to Implementation*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. Washington, DC. p. 16.

Salter, C.E., Edwards, C.A. 2010. The Production of Vermicompost Aqueous Solutions or Teas. In: Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Sherman, R. L. (eds.). *Vermiculture Technology*. CRC Press, LLC. Boca Raton, USA. p. 153-163. ISBN: 9781439809877 - CAT# K10494.

Scheuerell, S., Mahaffee, W. Compost Tea: Principles and Prospects For Plant Disease Control. *Compost Science & Utilization* [online]. 2002. 10 (4). [cit. 2014-03-03]. Dostupné z <[http://faculty.washington.edu/elizaw/compost\\_TEA\\_review.pdf](http://faculty.washington.edu/elizaw/compost_TEA_review.pdf)>.

Scheuerell, S.J., Mahaffe, W.F. Variability Associated with Suppression of Gray Mold (*Botrytis cinerea*) on Geranium by Foliar Applications of Nonaerated and Aerated Compost

Teas. Plant Disease [online]. 2006. 90 (9). [cit. 2014-02-17]. Dostupné z <<http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PD-90-1201>>.

Sigee, D.C. 2005. Freshwater Microbiology - Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganisms in the Aquatic Environment. John Wiley & Sons, Inc. England. p. 517. ISBN: 978-0-471-48529-2.

Sinha, R. K., Herat, S., Valani, D. B., Chauhan, K. Earthworms Vermicompost: A Powerful Crop Nutrient over the Conventional Compost & Protective Soil Conditioner against the Destructive Chemical Fertilizers for Food Safety and Security. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences [online]. 2009. 5. [cit. 2014-01-28]. Dostupné z <[http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/30336/62923\\_1.pdf](http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/30336/62923_1.pdf)>.

Sinha, R. K., Agarwal, S., Chauhan, K., Valani, D. The wonders of earthworms & its vermicompost in farm production: Charles Darwin's 'friends of farmers', with potential to replace destructive chemical fertilizers from agriculture. Agricultural Sciences [online]. 2010. 1 (2). [cit. 2014-01-28]. Dostupné z <[file:///C:/Users/Janinka/Downloads/AS20100200004\\_74625629%20\(7\).pdf](file:///C:/Users/Janinka/Downloads/AS20100200004_74625629%20(7).pdf)>.

Suthar, S. Recycling of agro-industrial sludge through vermitechnology. Ecological Engineering [online]. 2010. 36 (8). [cit. 2014-03-01]. Dostupné z <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857410000881>>.

Šilhánková, L. 2002. Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology. Academia. Praha. s. 364. ISBN: 80-200-1024-6.

Tichá, J. 1988. Mikroorganismy a jiní škůdci v mlýnskopekárenském průmyslu a ochrana proti nim. Státní nakladatelství technické literatury. Praha. s. 151.

Urbánková, O. 2011. Mikrobiální půdní aktivity acidifikované půdy pod porostem *Athyrium distentifolium*. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Agronomická fakulta. Praha. s. 74.

Věchet, L. 2013. Biologická regulace chorob rostlin. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha. s. 81. ISBN: 978-80-7427-149-6.

Watve, M.G., Tickoo, R., Jog, M.M., Bhole, B.D. How many antibiotik are produced by the genus *Streptomyces*? Archives of Microbiology [online]. 2001. 176 (5). [cit. 2014-02-23]. Dostupné z <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11702082>>.

Weltzien, H.C. 1991. Biocontrol of foliar fungal disease with compost extracts. In: Andrews, J.H., Hirano, S.S. (eds.). Microbial Ecology of Leaves. Springer-Verlag. New York, USA. p. 430-450. ISBN: 978-1-4612-7822-1.

Yardim, E.N., Edwards, C.A. Effects of organic and synthetic fertilizer sources on pest and predatory insects associated with tomatoes. Environmental Entomology [online]. 2003. 31 (4). [cit. 2014-03-03]. Dostupné z <<http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02979802>>.

Zajonc, I. 1992. Chov dážďoviek a výroba vermikompostu. Animapress. Povoda. s. 59. ISBN: 80-85567-00-8.

Zaller, J.G. Foliar Spraying of Vermicompost Extracts: Effects on Fruit Quality and Indications of Late-Blight Suppression of Field-Grown Tomatoes. *Biological Agriculture and Horticulture* [online]. 2006. 24 (2). [cit. 2014-01-10]. Dostupné z <file:///C:/Users/Janinka/Downloads/Zaller%202006BAH%20(2).pdf>.

Zemánek, P., Burg, P., Kollárová, M., Marešová, K., Plíva, P. 2010. Biologicky rozložitelné odpady a kompostování. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha. s. 110. ISBN: 978-80-86884-52-3.

## 9 Přílohy

### 9.1 Tabulky

Extrakční Metoda	N	P	K	Ca	Mg	S	Na
<b>Vermikompost</b>							
NCT	19,3	8,2	42,2	22,2	6,9	7,5	10,6
ACTME	16,1	7,0	38,4	17,9	5,6	6,8	9,5
ACT	14,9	5,5	29,8	16,3	4,9	5,6	7,6
Kontrola	2,1	2,0	5,5	4,2	1,5	1,6	2,5
<b>Osmocote</b>							
NCT	33,8	10,1	74,8	37,9	13,5	13,0	16,0
ACTME	27,5	9,4	66,3	30,7	12,5	12,3	19,3
ACT	29,2	8,8	57,4	32,5	12,4	11,3	15,8
Kontrola	15,3	4,9	33,9	17,3	6,7	6,5	9,1
NCT, neprovzdušněný výluh; ACT, provzdušněný výluh; ACTME, provzdušněný výluh s aditivy; kontrola, voda							

**Tabulka 3:** Vliv různých extrakčních metod výluhu a interakce těchto výluhů s různými způsoby hnojení rostlin na obsah makroprvků (mg/rostlinu) v rostlinných pletivech *Brassica rapa cv. Bonsai* (Pant et al., 2009)

Extrakční metoda	Fe	Mn	Zn	Cu	B
<b>Vermikompost</b>					
NCT	172,2	130,2	116,2	18,0	30,9
ACTME	63,1	54,0	74,7	15,1	25,9
ACT	50,0	42,7	55,7	11,2	21,7
Kontrola	12,2	7,4	22,0	6,3	6,2
<b>Osmocote</b>					
NCT	155,1	183,1	250,2	25,9	52,2
ACTME	111,1	166,4	140,4	26,8	48,8
ACT	286,0	170,4	158,2	22,8	45,2
Kontrola	192,0	98,5	82,1	13,5	23,7
NCT, neprovzdušněný výluh; ACT, provzdušněný výluh; ACTME, provzdušněný výluh s aditivy; kontrola, voda					

**Tabulka 4:** Vliv různých extrakčních metod výluhu a interakce těchto výluhů s různými způsoby hnojení rostlin na obsah mikroprvků ( $\mu\text{g}/\text{rostlinu}$ ) v rostlinných pletivech *Brassica rapa cv. Bonsai* (Pant et al., 2009)

<b>Koňský hnůj – míchání</b>			
Hodina odběru	Celkový počet mikroorganismů (KTJ/ml)	Aktinomyceety (KTJ/ml)	Kvasinky a plísňe (KTJ/ml)
1 h	$5,0 \times 10^4 \pm 3,68$	$1,0 \times 10^3 \pm 12,12$	$1,7 \times 10^2 \pm 4,24$
6 h	$5,2 \times 10^4 \pm 8,06$	$1,1 \times 10^3 \pm 8,96$	$1,9 \times 10^2 \pm 1,25$
12 h	$5,9 \times 10^4 \pm 4,08$	$1,1 \times 10^3 \pm 27,62$	$1,8 \times 10^2 \pm 1,63$
24 h	$6,4 \times 10^4 \pm 5,91$	$1,3 \times 10^3 \pm 20,82$	$1,2 \times 10^2 \pm 2,05$
48 h	$5,2 \times 10^4 \pm 7,12$	$1,2 \times 10^3 \pm 25,31$	$1,3 \times 10^2 \pm 3,68$

**Tabulka 5:** Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinobakterií, kvasinek a plísňí v 1 ml (KTJ/ml) neprovzdušněného výluhu z koňského hnoje v závislosti na délce extrakce

<b>Koňský hnůj – aerace</b>			
Hodina odběru	Celkový počet mikroorganismů (KTJ/ml)	Aktinomyceety (KTJ/ml)	Kvasinky a plísňe (KTJ/ml)
1 h	$8,7 \times 10^4 \pm 2,87$	$1,3 \times 10^3 \pm 15,9$	$2,0 \times 10^2 \pm 4,92$
6 h	$6,0 \times 10^4 \pm 4,55$	$1,2 \times 10^3 \pm 18,93$	$1,7 \times 10^2 \pm 5,31$
12 h	$5,9 \times 10^4 \pm 5,31$	$1,2 \times 10^3 \pm 28,71$	$2,3 \times 10^2 \pm 3,68$
24 h	$7,3 \times 10^4 \pm 2,94$	$1,3 \times 10^3 \pm 17,82$	$1,4 \times 10^2 \pm 2,49$
48 h	$7,1 \times 10^4 \pm 2,94$	$1,3 \times 10^3 \pm 25,46$	$2,1 \times 10^2 \pm 2,94$

**Tabulka 6:** Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomyceet, kvasinek a plísňí v 1 ml (KTJ/ml) provzdušněného výluhu z koňského hnoje v závislosti na délce extrakce

<b>Digestát – míchání</b>			
Hodina odběru	Celkový počet mikroorganismů (KTJ/ml)	Aktinomyceety (KTJ/ml)	Kvasinky a plísňe (KTJ/ml)
1 h	$6,8 \times 10^4 \pm 3,27$	$1,1 \times 10^3 \pm 16,82$	$2,3 \times 10^2 \pm 6,55$
6 h	$6,5 \times 10^4 \pm 14,85$	$1,3 \times 10^3 \pm 22,2$	$2,2 \times 10^2 \pm 8,18$
12 h	$6,2 \times 10^4 \pm 7,79$	$1,2 \times 10^3 \pm 7,72$	$3,1 \times 10^2 \pm 5,35$
24 h	$5,8 \times 10^4 \pm 11,56$	$1,2 \times 10^3 \pm 21,23$	$2,5 \times 10^2 \pm 3,74$
48 h	$5,4 \times 10^4 \pm 9,39$	$9,6 \times 10^2 \pm 6,8$	$2,8 \times 10^2 \pm 2,05$

**Tabulka 7: Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomyceet, kvasinek a plísňí v 1 ml (KTJ/ml) provzdušněného výluhu z digestátu v závislosti na délce extrakce**

<b>Digestát aerace</b>			
Hodina odběru	Celkový počet mikroorganismů (KTJ/ml)	Aktinomyceety (KTJ/ml)	Kvasinky a plísňe (KTJ/ml)
1 h	$5,8 \times 10^4 \pm 4,64$	$1,1 \times 10^3 \pm 13,93$	$1,6 \times 10^2 \pm 4,55$
6 h	$5,2 \times 10^4 \pm 3,86$	$1,2 \times 10^3 \pm 26,87$	$1,9 \times 10^2 \pm 5,44$
12 h	$5,1 \times 10^4 \pm 4,03$	$1,3 \times 10^3 \pm 3,3$	$2,3 \times 10^2 \pm 7,41$
24 h	$5,7 \times 10^4 \pm 4,78$	$1,3 \times 10^3 \pm 64,6$	$2,2 \times 10^2 \pm 7,32$
48 h	$5,4 \times 10^4 \pm 4,78$	$1,1 \times 10^3 \pm 62,01$	$2,4 \times 10^2 \pm 4,11$

**Tabulka 8: Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomyceet, kvasinek a plísňí v 1 ml (KTJ/ml) provzdušněného výluhu z digestátu v závislosti na délce extrakce**

<b>Matolina míchání</b>			
Hodina odběru	Celkový počet mikroorganismů (KTJ/ml)	Aktinomycety (KTJ/ml)	Kvasinky a plísňe (KTJ/ml)
1 h	$9,5 \times 10^4 \pm 5,1$	$1,0 \times 10^3 \pm 9,27$	$4,1 \times 10^2 \pm 4,99$
6 h	$9,4 \times 10^4 \pm 11,56$	$9,5 \times 10^2 \pm 7,87$	$5,0 \times 10^2 \pm 3,56$
12 h	$9,6 \times 10^4 \pm 2,45$	$9,6 \times 10^2 \pm 13,27$	$5,2 \times 10^2 \pm 6,02$
24 h	$8,8 \times 10^4 \pm 2,16$	$9,4 \times 10^2 \pm 10,78$	$4,7 \times 10^2 \pm 5,91$
48 h	$8,6 \times 10^4 \pm 7,12$	$9,0 \times 10^2 \pm 0,82$	$4,8 \times 10^2 \pm 9,18$

**Tabulka 9:** Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísni v 1 ml (KTJ/ml) provzdušněného výluhu z matoliny v závislosti na délce extrakce

<b>Matolina aerace</b>			
Hodina odběru	Celkový počet mikroorganismů (KTJ/ml)	Aktinomycety (KTJ/ml)	Kvasinky a plísňe (KTJ/ml)
1 h	$9,2 \times 10^4 \pm 11,12$	$1,0 \times 10^3 \pm 14,06$	$4,5 \times 10^2 \pm 2,05$
6 h	$9,0 \times 10^4 \pm 8,04$	$1,0 \times 10^3 \pm 12,68$	$4,2 \times 10^2 \pm 4,97$
12 h	$8,5 \times 10^4 \pm 11,61$	$9,9 \times 10^2 \pm 9,9$	$4,3 \times 10^2 \pm 9,74$
24 h	$8,8 \times 10^4 \pm 8,29$	$9,9 \times 10^2 \pm 2,05$	$4,2 \times 10^2 \pm 2,16$
48 h	$9,2 \times 10^4 \pm 22,23$	$9,8 \times 10^2 \pm 11,44$	$4,2 \times 10^2 \pm 4,5$

**Tabulka 10:** Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísni v 1 ml (KTJ/ml) provzdušněného výluhu z matoliny v závislosti na délce extrakce



<b>Jablečné výlisky – míchání</b>			
Hodina odběru	Celkový počet mikroorganismů (KTJ/ml)	Aktinomycety (KTJ/ml)	Kvasinky a plísňe (KTJ/ml)
1 h	$9,5 \times 10^4 \pm 0,94$	$9,1 \times 10^2 \pm 7,79$	$8,6 \times 10^2 \pm 7,12$
6 h	$8,7 \times 10^4 \pm 4,32$	$7,7 \times 10^2 \pm 5,1$	$7,8 \times 10^2 \pm 2,16$
12 h	$7,0 \times 10^4 \pm 6,94$	$6,6 \times 10^2 \pm 9,18$	$6,5 \times 10^2 \pm 6,8$
24 h	$5,4 \times 10^4 \pm 3,86$	$3,7 \times 10^2 \pm 2,83$	$6,1 \times 10^2 \pm 3,09$
48 h	$4,0 \times 10^4 \pm 6,18$	$3,2 \times 10^2 \pm 5,56$	$5,0 \times 10^2 \pm 1,7$

**Tabulka 11:** Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísni v 1 ml (KTJ/ml) neprovzdušněného výluhu z jablečných výlisků v závislosti na délce extrakce

<b>Jablečné výlisky – aerace</b>			
Hodina odběru	Celkový počet mikroorganismů (KTJ/ml)	Aktinomycety (KTJ/ml)	Kvasinky a plísňe (KTJ/ml)
1 h	$1,2 \times 10^5 \pm 33,04$	$1,2 \times 10^3 \pm 19,07$	$8,6 \times 10^2 \pm 8,26$
6 h	$9,7 \times 10^4 \pm 9,27$	$1,1 \times 10^3 \pm 10,78$	$8,0 \times 10^2 \pm 6,65$
12 h	$5,6 \times 10^4 \pm 7,36$	$9,9 \times 10^2 \pm 19,94$	$5,1 \times 10^2 \pm 4,5$
24 h	$3,8 \times 10^4 \pm 3,09$	$9,3 \times 10^2 \pm 11,95$	$4,5 \times 10^2 \pm 4,99$
48 h	$3,6 \times 10^4 \pm 1,41$	$8,7 \times 10^2 \pm 6,6$	$3,1 \times 10^2 \pm 8,64$

**Tabulka 12:** Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísni v 1 ml (KTJ/ml) v provzdušněného výluhu z jablečných výlisků v závislosti na délce extrakce

<b>Kuchyňský odpad – míchání</b>			
Hodina odběru	Celkový počet mikroorganismů (KTJ/ml)	Aktinomycety (KTJ/ml)	Kvasinky a plísňe (KTJ/ml)
1 h	$1,0 \times 10^5 \pm 4,08$	$5,9 \times 10^2 \pm 2,49$	$4,2 \times 10^2 \pm 4,03$
6 h	$9,3 \times 10^4 \pm 4,11$	$5,2 \times 10^2 \pm 4,19$	$3,7 \times 10^2 \pm 1,7$
12 h	$9,1 \times 10^4 \pm 1,25$	$5,4 \times 10^2 \pm 5,44$	$3,7 \times 10^2 \pm 4,03$
24 h	$7,9 \times 10^4 \pm 10,96$	$3,4 \times 10^2 \pm 12,71$	$2,9 \times 10^2 \pm 1,25$
48 h	$3,4 \times 10^4 \pm 3,4$	$2,2 \times 10^2 \pm 1,25$	$3,2 \times 10^2 \pm 2,62$

**Tabulka 13:** Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísni v 1 ml (KTJ/ml) provzdušněného výluhu z kuchyňského odpadu v závislosti na délce extrakce

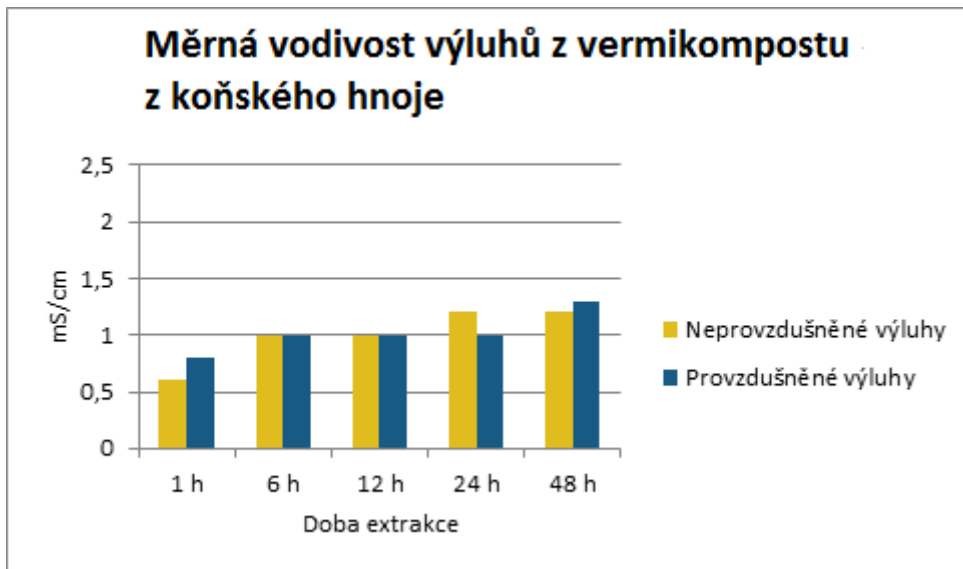
<b>Kuchyňský odpad – aerace</b>			
Hodina odběru	Celkový počet mikroorganismů (KTJ/ml)	Aktinomycety (KTJ/ml)	Kvasinky a plísňe (KTJ/ml)
1 h	$1,5 \times 10^5 \pm 31,75$	$9,1 \times 10^2 \pm 7,79$	$4,5 \times 10^2 \pm 3,68$
6 h	$1,1 \times 10^5 \pm 11,22$	$7,7 \times 10^2 \pm 12,03$	$3,9 \times 10^2 \pm 4,03$
12 h	$9,0 \times 10^4 \pm 4,64$	$8,2 \times 10^2 \pm 6,02$	$3,6 \times 10^2 \pm 1,89$
24 h	$6,7 \times 10^4 \pm 5,1$	$4,9 \times 10^2 \pm 10,34$	$3,0 \times 10^2 \pm 5,44$
48 h	$4,1 \times 10^4 \pm 14,06$	$4,7 \times 10^2 \pm 13,12$	$2,3 \times 10^2 \pm 1,7$

**Tabulka 14:** Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů aktinomycet, kvasinek a plísni v 1 ml (KTJ/ml) provzdušněného výluhu z kuchyňského odpadu v závislosti na délce extrakce

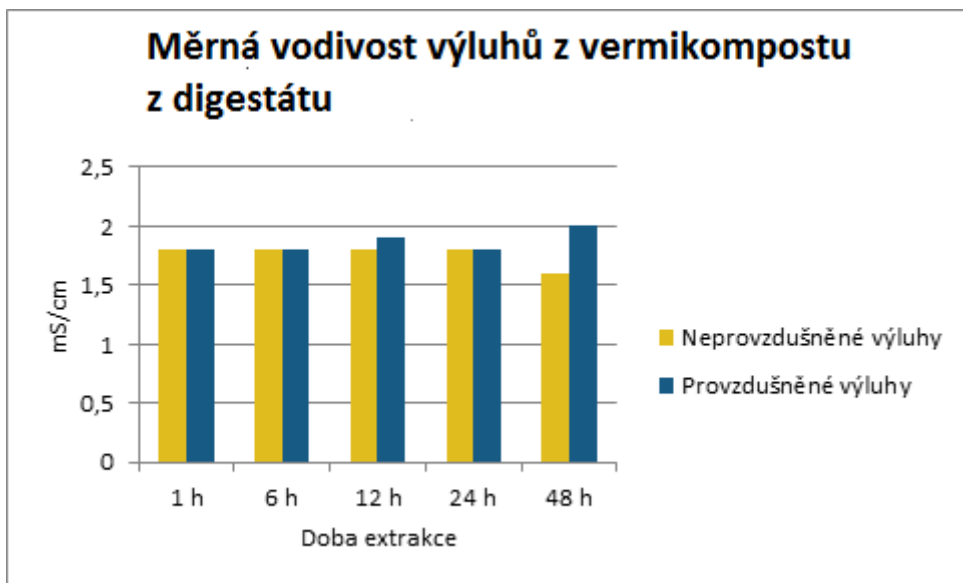
	Celkový počet mikroorganismů (KTJ/g sušiny)	Počet aktinomycet (KTJ/g sušiny)	Počet kvasinek a plísni (KTJ/g sušiny)
Vermikompost z koňského hnoje	3 700 000 ± 5,79	520 000 ± 7,12	7 100 ± 2,94
Vermikompost z digestátu	2 200 000 ± 9,88	350 000 ± 12,28	13 000 ± 2,62
Vermikompost z matoliny	2 100 000 ± 12,19	400 000 ± 1,7	11 000 ± 3,74
Vermikompost z jablečných výlisků	2 100 000 ± 2,05	480 000 ± 2,49	16 000 ± 4,92
Vermikompost z kuchyňského bioodpadu	3 600 000 ± 7,13	410 000 ± 7,59	25 000 ± 3,74

**Tabulka 15: Celkový počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, plísni a kvasinek v 1 g sušiny (KTJ/g) vermikompostu z různého organického materiálu**

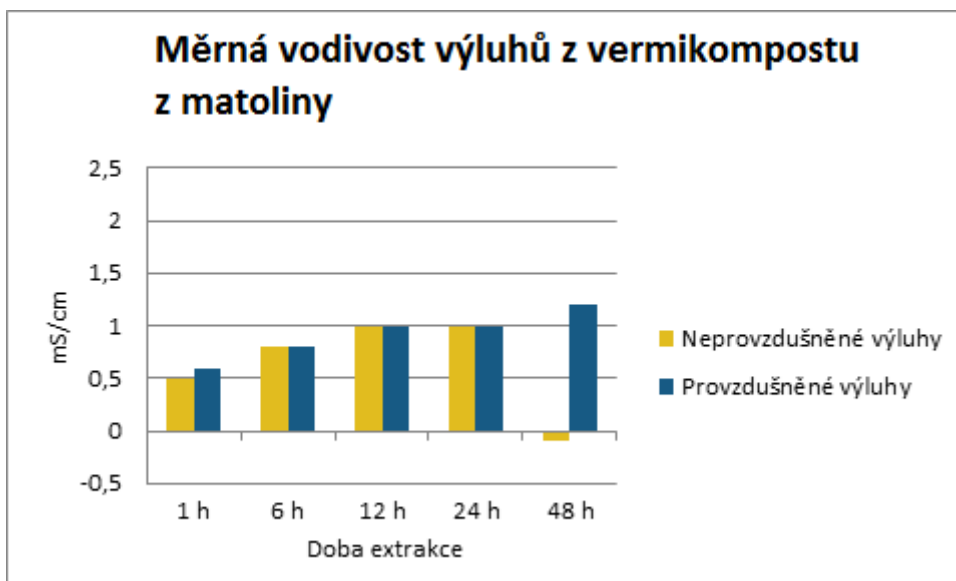
## 9.2 Grafy



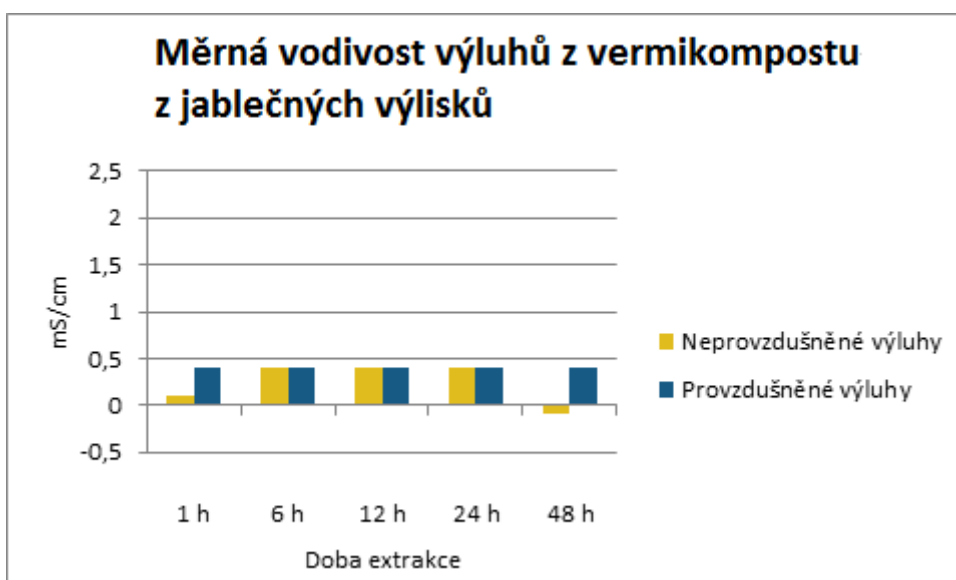
Graf 11: Měrná vodivost výluhů (mS/cm) z vermikompostu z koňského hnoje



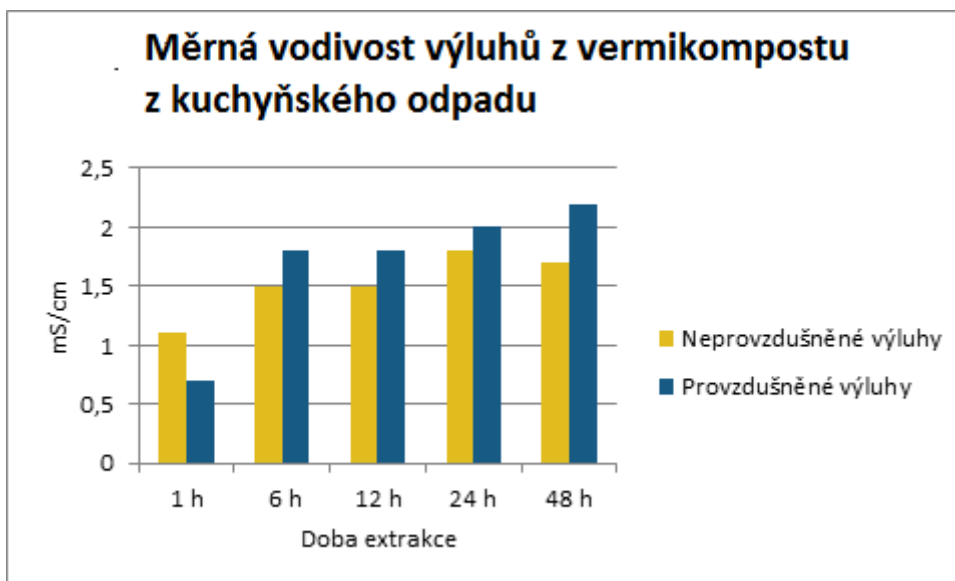
Graf 12: Měrná vodivost výluhů (mS/cm) z vermikompostu z digestátu



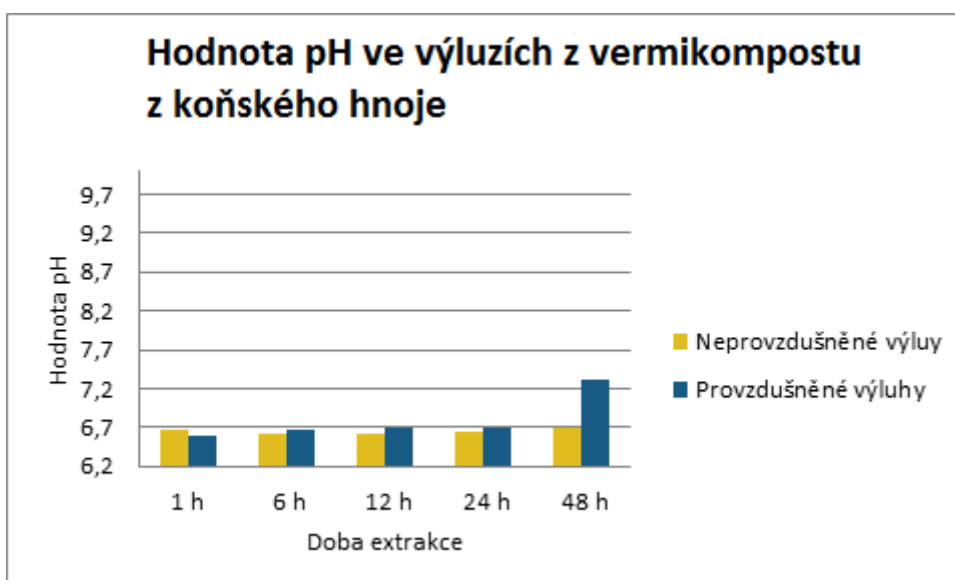
Graf 13: Měrná vodivost výluhů (mS/cm) z vermikompostu z matoliny



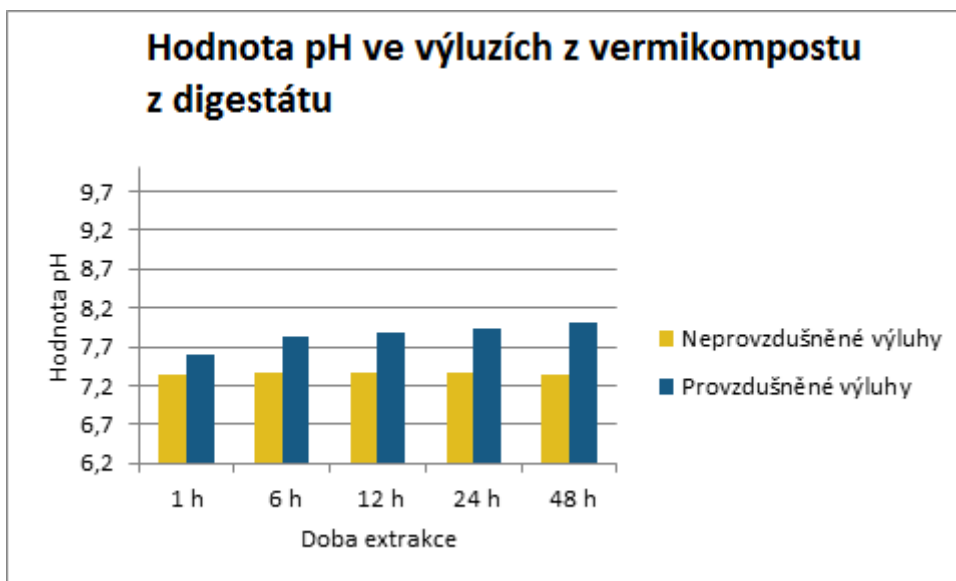
Graf 14: Měrná vodivost výluhů (mS/cm) z vermikompostu z jablečných výlisků



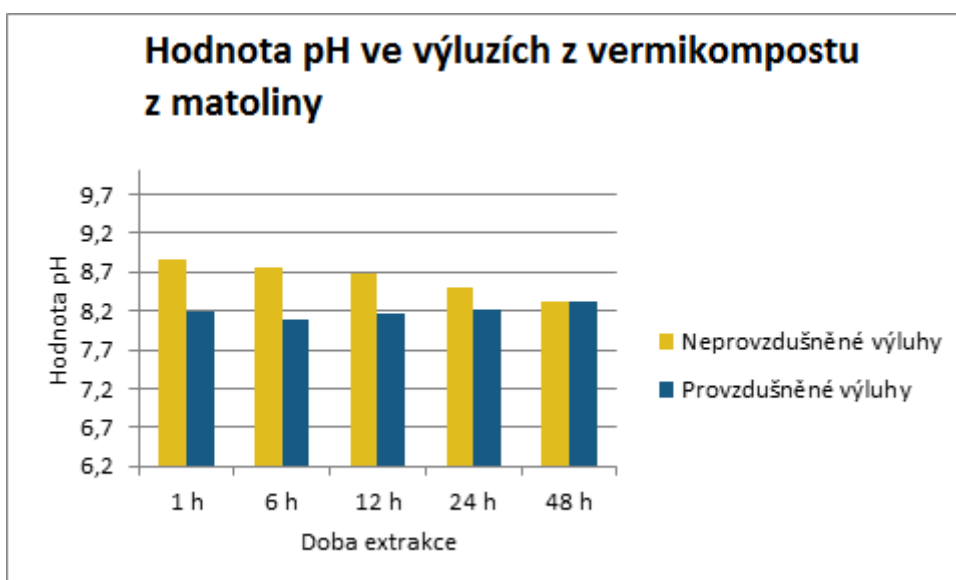
Graf 15: Měrná vodivost výluhů (mS/cm) z vermikompostu z kuchyňského odpadu



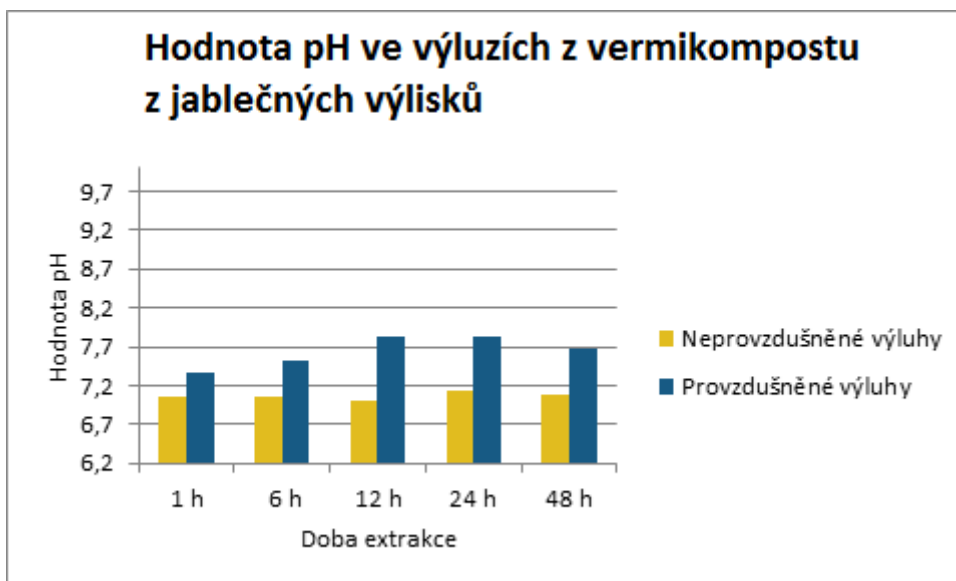
Graf 16: Hodnota pH ve výluzích z vermikompostu z koňského hnoje



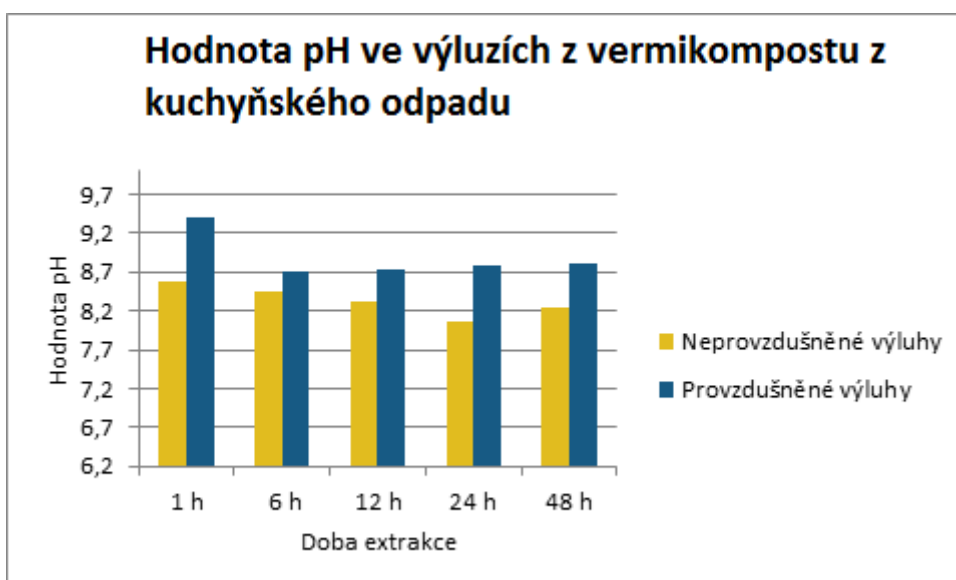
Graf 17: Hodnota pH ve výluzích z vermikompostu z digestátu



Graf 18: Hodnota pH ve výluzích z vermikompostu z matoliny



Graf 19: Hodnota pH ve vyluzích z vermikompostu z jablečných vylisků



Graf 20: Hodnota pH ve vyluzích z vermikompostu z kuchyňského odpadu

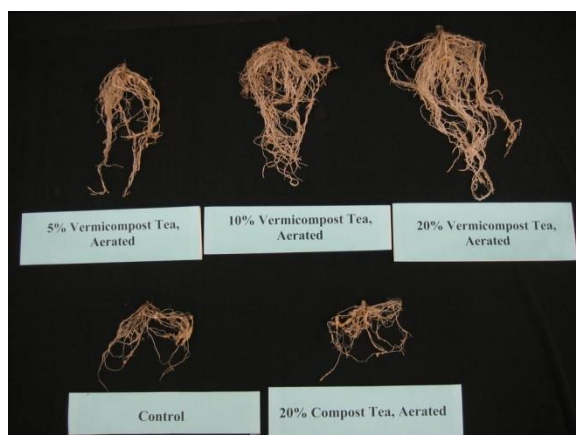


### 9.3 Obrázky



Kontrolní voda    20 % provzdušněný výluh z kompostu    5 % provzdušněný výluh z vermikompostu    10 % provzdušněný výluh z vermikompostu    20 % provzdušněný výluh z vermikompostu

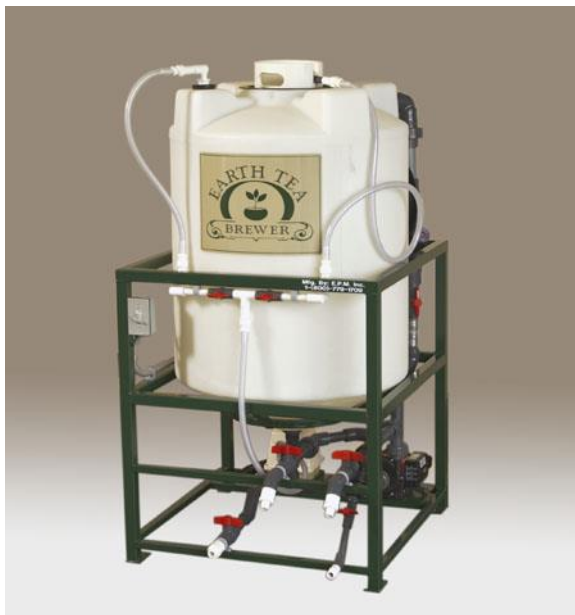
**Obrázek 1:** Vliv aplikace 5 %, 10 % a 20 % provzdušněného výluhu z vermikompostu a 20 % výluhu z termofilního kompostu na rostliny rajčete napadené hád'átkem kořenovým (*Meloidogyne Hapla*) v porovnání s rostlinou zalévanou vodou bez jakéhokoliv dalšího ošetření (Edwardsd et al., 2007)



**Obrázek 2:** Vliv aplikace 5 %, 10 % a 20 % provzdušněného výluhu z vermikompostu a 20 % provzdušněným výluhem z termofilního kompostu na kořeny rostlin rajčete napadených hád'átkem kořenovým (*Meloidogyne Hapla*) v porovnání s rostlinou zalévanou vodou bez jakéhokoliv dalšího ošetření (Edwardsd et al., 2007)



**Obrázek 3: Systémy pro výrobu výluhů z kompostu od společnosti Growing Solutions Inc.**  
Dostupné z <<http://www.growingsolutions.com/>>



**Obrázek 4: Systém pro výrobu výluhů z kompostu od společnosti Sustainable Agricultural Technologies, Inc.**  
Dostupné z <<http://www.composttea.com/100gallon.htm>>

## GEOTEA 250 (250 gallon, 300 gal. optional)



**Obrázek 5: Systém GEOTEA pro výrobu výluhů z kompostu od společnosti Greater Earth Organics, LLC.**  
Dostupné z <[http://www.palmtreestaking.com/GEOTEA/Geotea\\_Machine1.html](http://www.palmtreestaking.com/GEOTEA/Geotea_Machine1.html)>



**Obrázek 6: Příklad přístroje používaného pro přípravu výluhů stanovených v této bakalářské práci**  
(Pomichálková, 2013)

## 10 Seznam příloh

<b>Tabulka 1:</b> Parametry vermikompostování .....	12
<b>Tabulka 2:</b> Vztah mezi kyslíkem, oxidem uhličitým a aerobních, fakultativně aerobních a anaerobních mikroorganismů.....	17
<b>Tabulka 3:</b> Vliv různých extrakčních metod výluhu a interakce těchto výluhů s různými způsoby hnojení rostlin na obsah makroprvků (mg/rostlinu) v rostlinných pletivech <i>Brassica rapa cv. Bonsai</i> .....	51
<b>Tabulka 4:</b> Vliv různých extrakčních metod výluhu a interakce těchto výluhů s různými způsoby hnojení rostlin na obsah mikroprvků (μg/rostlinu) v rostlinných pletivech <i>Brassica rapa cv. Bonsai</i> .....	52
<b>Tabulka 5:</b> Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinobakterií, kvasinek a plísní v 1 ml (KTJ/ml) neprovzdušněného výluhu z koňského hnoje v závislosti na délce extrakce .....	53
<b>Tabulka 6:</b> Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísní v 1 ml (KTJ/ml) provzdušněného výluhu z koňského hnoje v závislosti na délce extrakce ....	53
<b>Tabulka 7:</b> Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísní v 1 ml (KTJ/ml) neprovzdušněného výluhu z digestátu v závislosti na délce extrakce .....	54
<b>Tabulka 8:</b> Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísní v 1 ml (KTJ/ml) provzdušněného výluhu z digestátu v závislosti na délce extrakce .....	54
<b>Tabulka 9:</b> Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísní v 1 ml (KTJ/ml) neprovzdušněného výluhu z matoliny v závislosti na délce extrakce .....	55
<b>Tabulka 10:</b> Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísní v 1 ml (KTJ/ml) provzdušněného výluhu z matoliny v závislosti na délce extrakce ..	55
<b>Tabulka 11:</b> Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísní v 1 ml (KTJ/ml) neprovzdušněného výluhu z jablečných výlisků v závislosti na délce extrakce.....	56
<b>Tabulka 12:</b> Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísní v 1 ml (KTJ/ml) v provzdušněného výluhu z jablečných výlisků v závislosti na délce extrakce.....	56
<b>Tabulka 13:</b> Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, kvasinek a plísní v 1 ml (KTJ/ml) neprovzdušněného výluhu z kuchyňského odpadu v závislosti na délce extrakce .....	57
<b>Tabulka 14:</b> Počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů aktinomycet, kvasinek a plísní v 1 ml (KTJ/ml) provzdušněného výluhu z kuchyňského odpadu v závislosti na délce extrakce.....	57
<b>Tabulka 15:</b> Celkový počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů, aktinomycet, plísní a kvasinek v 1 g sušiny (KTJ/g) vermikompostu z různého organického materiálu .....	58
<b>Graf 1:</b> Vliv aerace na množství mikroorganismů ve výluhu .....	18

<b>Graf 2:</b> Celkový počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů v 1 ml výluhu (KTJ/ml) v závislosti na délce extrakce u neprovzdušněných výluhů z vermikompostu z různého organického materiálu.....	29
<b>Graf 3:</b> Celkový počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů v 1 ml výluhu (KTJ/ml) v závislosti na délce extrakce u provzdušněných výluhů z vermikompostu z různého organického materiálu.....	30
<b>Graf 4:</b> Počet kolonie tvořících jednotek aktinomycet v 1 ml výluhu (KTJ/ml) v závislosti na délce extrakce u neprovzdušněných výluhů z vermikompostu z různého organického materiálu .....	32
<b>Graf 5:</b> Počet kolonie tvořících jednotek aktinomycet v 1 ml výluhu (KTJ/ml) v závislosti na délce extrakce u provzdušněných výluhů z vermikompostu z různého organického materiálu .....	33
<b>Graf 6:</b> Počet kolonie tvořících jednotek plísní a kvasinek v 1 ml výluhu (KTJ/ml) v závislosti na délce extrakce u neprovzdušněných výluhů z vermikompostu z různého organického materiálu.....	34
<b>Graf 7:</b> Počet kolonie tvořících jednotek plísní a kvasinek v 1 ml výluhu (KTJ/ml) v závislosti na délce extrakce u provzdušněných výluhů z vermikompostu z různého organického materiálu.....	36
<b>Graf 8:</b> Celkový počet kolonie tvořících jednotek mikroorganismů v 1 g sušiny (KTJ/g sušiny) ve vermikompostech z různého surovinového složení .....	37
<b>Graf 9:</b> Počet kolonie tvořících jednotek aktinobakterií v 1 g sušiny (KTJ/g sušiny) ve vermikompostech z různého surovinového složení .....	38
<b>Graf 10:</b> Počet kolonie tvořících jednotek plísní a kvasinek v 1 g sušiny (KTJ/g sušiny) ve vermikompostech z různého surovinového složení .....	38
<b>Graf 11:</b> Měrná vodivost výluhů (mS/cm) z vermikompostu z koňského hnoje.....	59
<b>Graf 12:</b> Měrná vodivost výluhů (mS/cm) z vermikompostu z digestátu.....	59
<b>Graf 13:</b> Měrná vodivost výluhů (mS/cm) z vermikompostu z matoliny .....	60
<b>Graf 14:</b> Měrná vodivost výluhů (mS/cm) z vermikompostu z jablečných výlisků .....	60
<b>Graf 15:</b> Měrná vodivost výluhů (mS/cm) z vermikompostu z kuchyňského odpadu .....	61
<b>Graf 16:</b> Hodnota pH ve výluzích z vermikompostu z koňského hnoje .....	61
<b>Graf 17:</b> Hodnota pH ve výluzích z vermikompostu z digestátu .....	62
<b>Graf 18:</b> Hodnota pH ve výluzích z vermikompostu z matoliny .....	62
<b>Graf 19:</b> Hodnota pH ve výluzích z vermikompostu z jablečných výlisků .....	63
<b>Graf 20:</b> Hodnota pH ve výluzích z vermikompostu z kuchyňského odpadu .....	63
<b>Obrázek 1:</b> Vliv aplikace 5 %, 10 % a 20 % provzdušněného výluhu z vermikompostu a 20 % výluhu z termofilního kompostu na rostliny rajčete napadené hád'átkem kořenovým ( <i>Meloidogyne Hapla</i> ) v porovnání s rostlinou zalévanou vodou bez jakéhokoliv dalšího ošetření.....	64

<b>Obrázek 2:</b> Vliv aplikace 5 %, 10 % a 20 % provzdušněného výluhu z vermikompostu a 20 % provzdušněným výluhem z termofilního kompostu na kořeny rostlin rajčete napadených houbou kořenovým ( <i>Meloidogyne Hapla</i> ) v porovnání s rostlinou zalévanou vodou bez jakéhokoliv dalšího ošetření .....	64
<b>Obrázek 3:</b> Systémy pro výroby výluhů z kompostu od společnosti Growing Solutions Inc.	65
<b>Obrázek 4:</b> Systém pro výrobu výluhů z kompostu od společnosti Sustainable Agricultural Technologies, Inc. ....	65
<b>Obrázek 5:</b> Systém GEOTEA pro výrobu výluhů z kompostu od společnosti Greater Earth Organics, LLC. ....	66
<b>Obrázek 6:</b> Přístroj použitý pro přípravu výluhů stanovovaných v této bakalářské práci.....	66