

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2009

Věra Malimánková

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Katedra ekologie a životního prostředí



**Analýza možnosti využití kroužkovců při
odstraňování vybraných typů starých
ekologických zátěží**

Diplomová práce

Věra Malimánková

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Ing. Ivan Landa, DrSc.

2009

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala pod vedením vedoucího diplomové práce samostatně a uvedla jsem všechny literární prameny a zdroje, ze kterých jsem při jejím zpracování čerpala.

V Praze, dne

Věra Malimánková

Poděkování

Tímto prostřednictvím bych poděkovala všem, kteří mi s vypracováním diplomové práce pomáhali. Zvláště bych poděkovala Ing. Andrei Hlavové a Ing. Katce Pazderů Ph.D. za velmi cenné rady a informace, které mi v průběhu zpracování poskytly. Poděkování bych také ráda směřovala k mé rodině, která mě v mém studiu vždy podporovala.

Abstrakt

Práce se podrobněji zabývá velmi starou metodou kompostování. Tato metoda kompostování spočívá v základních principech metabolismu mikroorganismů. Jde tedy o proces přirozeně se vyskytující v přírodě. I přesto se jeho využití pro odstranění znečištění uplatňuje až v posledních letech, kdy se prokazuje jeho účinnost. Výhodou zmíněného kompostování, jsou minimální vstupy do prostředí při odstraňování znečištění a z toho vyplývající minimální negativní dopady na přírodu. Proto je více než možné domnívat se, že proces vermikompostování má do budoucna možnost stát se úspěšným sanačním procesem při odstranění starých ekologických zátěží. Zvláště vhodný je pro znečištění organického charakteru a ropných látek.

Dále po informačním přehledu následuje vlastní část zabývající se účinností vermikultury při pěstování plodin. Pokus zhodnotí, zda její použití má vliv na klíčivost semen a růst plodin. Experiment byl rozdělen na 2 části, první část se týkala klíčivosti semen a následná druhá část byla zaměřena na růst plodin v půdě znečištěné ropnými látkami. Pokusy byly provedeny v laboratorních podmínkách.

Abstract

The thesis deals with very old method of composting. This method depends on basic principles of metabolism organisms. Composting is a natural process witch affects on our enviroment. But composting is exploited for removing of pollutions last few years because the effectivity was proved not long ago. Advantages of composting – process are minimal inputs to enviromental when pollution is eliminated. It is reason we can think that vermicomposting will should be successful process for remove old ecological pollutions. This method is very suitable for organic contaminants and oil pollution.

After informations summary about composting processes follows my own part which deals with ability of using vermicompost for growing crops. The experiment was separated to two parts. The first part reviews the effectivity of using vermicompost to seed quality and second part was interested in growing crops in contaminated soil by oil pollution. Experiment was realized in laboratory conditions.

Klíčová slova

Eisenia andrei, *Eisenia foetida*, kompostování, vermikompostování, znečištění, životní prostředí, žížala

Key words

Eisenia andrei, *Eisenia foetida*, composting, vermicomposting, pollution, environment, worm

Obsah

1 Úvod a cíl práce	10
1.1 Úvod.....	10
1.2 Cíl práce	11
2 Rešeršní přehled.....	12
2.1 Kompostování	12
2.1.1 Technologie procesu kompostování	13
2.2.1 Základní způsoby výroby kompostů.....	15
2.2.2 Vermikompostování.....	16
2.2.2.1 Druhy kroužkovců vhodné pro tvorbu vermi-kultury.....	17
2.2.2.2 Technologie verмикompostování.....	19
2.2.2.2.1 Substrát	19
2.2.2.2.2 Krmivo	20
2.2.2.2.3 Vhodné podmínky.....	21
2.2.2.2.4 Kompostování v polních podmínkách	21
2.2.2.2.5 Kompostování v uzavřených prostorách.....	22
2.2.2.2.6 Vermikompostér	22
2.2.2.1.5 Způsob odběru žížal z hotového verмикompostu	23
2.3 Možnost využití kroužkovců při odstranění znečištění	24
2.3.1 Pesticidy	24
2.3.2 Těžké kovy.....	24
2.3.3 Odpadní kaly	25
2.3.4 Výhody i nevýhody biologické konverze hmoty	25
2.4 Možnost využití kroužkovců při určení míry znečištění prostředí	26
2.5 Užití verмикompostování v zahraničí.....	26
2.5.1 USA.....	26
3 Použití metody verмикompostování na klíčivost semen a růst plodin	30
3.1 Metodika ověření účinnosti tzv. žížalího čaje na dynamiku klíčivosti semen.....	30
3.1.1 Materiál, přístroje a pomůcky	30
3.1.2 Popis podmínek zkoušky	31
3.1.3 Průběh zkoušky	32
3.1.4 Výsledky zkoušky dynamiky klíčivosti semen hlávkového salátu.....	35
3.2 Diskuze – Dynamika klíčení.....	39
3.3 Metodika ověření účinnosti verмикompostu při pěstování plodin	40
3.3.2 Odběr verмикultury.....	41
3.3.3 Popis podmínek zkoušky	41
3.3.4 Průběh zkoušky	42
3.3.5 Porovnání vlivu užití verмикompostu.....	44
3.3.6 Výsledky	47
3.4 Diskuze – Růst rostlin.....	48
4 Závěr	49

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ V TEXTU:

Tab.č.1: Srovnání výsledků rozmnožování druhu <i>Lumbricus rubellus</i> a <i>Eisenia foetida</i>	18
Tab.č.2: Počet abnormálních klíčenců a nevyklíčených semen.....	39
Tab.č.3: Pravidelné kontroly plodiny Řeřicha zahradní.....	44
Tab.č.4: Dopad užití vermikultury při pěstování Řeřichy zahradní.....	45
Tab.č.5: Průměrná výška rostlinek v jednotlivých miskách.....	45
Obr.č.1: Chov žížalek <i>Eisenia foetida</i>	19
Obr.č.2: Ohrady z tvárnic vhodné na kompostování v polních podmínkách.....	22
Obr.č.3: Vermikompostér	23
Obr.č.4: Zakládání pokusu dynamiky klíčivosti semen Hlávkového salátu.....	34
Obr.č.5: Misky s obsahem vermičaje.....	34
Obr.č.6: Znázornění hranic mezi 50-ti semeny v jedné misce při pokusu.....	35
Obr.č.7: Odebraný vermikompost použitý při pokusu.....	41
Obr.č.8: Znečištěná zemina odebraná v lokalitě Odeř	43
Obr.č.9: Misky s namíchanými substráty a semeny Řeřichy zahradní (31.1.2009).....	43
Obr.č.10: Misky s namíchanými substráty a semeny Řeřichy zahradní (6.2.2009).....	43
Obr.č.11: Misky s namíchanými substráty a semeny Řeřichy zahradní (14.2.2009)....	44
Obr.č.12: Kořenový systém rostlinek Řeřichy zahradní, která vyrůstala ve znečištěné půdě obohacené vermikompostem.....	46
Obr.č.13: Kořenový systém rostlinek Řeřichy zahradní, která vyrůstala pouze v neznečištěné půdě.....	46
Obr.č.14: Kořenový systém rostlinek Řeřichy zahradní, která vyrůstala v neznečištěné půdě obohacené vermikompostem.....	47
Graf č.1: Dynamika klíčení - Hlávkový salát (<i>Lacusta sativa</i>).....	36
Graf č.2: Dynamika klíčení - Hlávkový salát Česáček „Dubáček“ (<i>Lacusta sativa var.crispa</i>).....	36
Graf č.3: Dynamika klíčení – Salát listový „Lollo Bionda“ (<i>Lacusta sativa var.crispa</i>).....	37
Graf č.4: Dynamika klíčení – Salát římský (<i>Lacusta sativa L.</i>).....	37
Graf č.5: Dynamika klíčení – Hlávkový salát letní, polní (<i>Lacusta sativa L. var.capitata</i>).....	38

Graf č.6: Dynamika klíčení – Hlávkový salát (<i>Lactuca sativa L. var.capitata L.</i>).....	38
---	----

SEZNAM PŘÍLOH:

Tab.č.1: Rozdíl mezi kompostováním a vermikompostováním.....	54
Tab. č.2: Vyklíčená semena při jednotlivých sčítáních.....	55
Graf č.1: Délka životního cyklu jednotlivých druhů žížal.....	56
Obr.č.1: Kompostování v uzavřených prostorách.....	56
Obr.č.2: Aktinomycety ve fázi přeměny biologického odpadu.....	57
Obr.č.3: Příklad kultivační hromady.....	57
Obr.č.4: Příklad jak by mohl vypadat Wedge systém.....	58
Obr.č.5: Vermikompostér vhodný pro domácí použití.....	58
Obr.č.6: Vermikompostovací reaktor.....	59
Obr.č.7: Hlávkový salát (<i>Lactuca sativa</i>) použitý při pokusu klíčivosti semen.....	59
Obr.č.8: Hlávkový salát – Česáček „Dubáček“ (<i>Lactuca sativa var.crispa</i>) použitý při pokusu klíčivosti semen.....	59
Obr.č.9: Salát listový „Lollo Bionda“ (<i>Lactuca sativa var.crispa</i>) použitý při pokusu klíčivosti semen.....	60
Obr.č.10: Salát římský (<i>Lactuca sativa L.</i>) použitý při pokusu klíčivosti semen.....	60
Obr.č.11: Hlávkový salát – letní, polní (<i>Lactuca sativa L. var.capitata L.</i>) použitý při pokusu klíčivosti semen.....	61
Obr.č.12: Hlávkový salát –polní „ledový“ (<i>Lactuca sativa L. var.capitata L.</i>) použitý při pokusu klíčivosti semen.....	61
Obr.č.13: Řeřicha zahradní (<i>Lepidium sativum</i>) použitá při pokusu růstu plodin na znečištěné půdě.....	62
Obr.č.14: Zemina pro květiny použitá při pokusu růstu Řeřichy zahradní.....	62
Obr.č.15: Klimabox používaný při zkoušce dynamiky klíčivosti semen Hlávkového salátu.....	63

1 Úvod a cíl práce

1.1 Úvod

V současnosti omezení vzniku odpadů a způsob jejich bezpečného a ekologicky přijatelného odstranění je velmi aktuálním problémem, který je nutno řešit. Často, jak uvádí KURAŠ (1994), množství produkováných odpadů je již příčinou ekologického kolapsu.

Kompostování v dnešní době může představovat jedno z řešení těchto problémů, tím je zpracování biologických odpadů vznikajících v domácnostech, v zemědělství, v potravinovém průmyslu i dalších výrobních sférách (KURAŠ, 1994). Dále tato metoda obohacuje a zlepšuje úrodnost půdy a tím působí pozitivně na životní prostředí.

To je také důvod, proč se k nám před několika roky ze západní Evropy a Spojených států amerických donesly zprávy o technologii zpracování organických odpadů za pomoci žížal – tzv. vermikompostování.

Z hlediska ochrany životního prostředí a likvidace odpadu uvádí ZAJONC (1992), že proces vermikompostování zajišťuje tyto proměny:

1. mění nepříznivé vlastnosti odpadů, které jsou zdrojem chemického a biologického znečištění životního prostředí (zápach, hnilobné procesy, líhnutí hmyzu a choroboplodných zárodků),
2. zlepšuje strukturu a manipulovatelnost substrátu,
3. nezanechává zbytky znečišťující životní prostředí.

Využití kroužkoců pro likvidaci znečištění není v ČR příliš známé. Mezi země, které se o poznání více zabývají problematikou biologické přeměny hmoty, patří USA, Ukrajina, Německo. Jak je uvedeno ve WIKIPEDIA, (2009), v USA je tato metoda kompostování ve velké míře propagována a podporována tamní vládou (US Department of Agriculture), která poskytuje informace a školení v oblasti vermikompostování v domácnostech.

Rostoucí popularita tohoto biologického způsobu odstranění nežádoucích organických materiálů je především v jeho ekologickém dopadu. Umožňuje totiž

povýšit překážející a často zdravotně nebezpečný odpad na výchozí surovinu pro výrobu biohumusu (ZAJONC, 1992). Tohoto biodpadu, jak zmiňuje ŠŤASTNÁ (2007), připadá na každého z nás 20 – 30 kilogramů ročně, což je asi 10 – 15 % celkového množství komunálních odpadů.

1.2 Cíl práce

Cílem mé diplomové práce je představení nové možné technologie kompostování a její využití při odstranění některých typů ekologických zátěží. První část práce se věnuje shrnutí informací o možnostech použití kroužkovců při odstranění ekologických zátěží. Jelikož je tato metoda prozatím více využívána v zahraničí, zaměřím se také na zahraniční zkušenosti (USA, Ukrajina, Německo). Dále se pokusím zhodnotit možnost využití vermi-kultury pro jednotlivé typy znečištění.

Druhou část práce bude tvořit samostatný experimentální výzkum. Ten měl být zaměřen na možnost využití vermikompostování při odstranění azbestu z půdy. Vzhledem k nevhodným podmínkám pro realizaci pokusu, které se v průběhu zpracování diplomové práce vyskytly, musel být tento pokus nahrazen jinou alternativou. Tudíž se můj zájem zaměřil na sledování vlivů užití vermi-kultury při klíčení semen, a dále také zda vermi-kultura po zapracování do půdy bude mít pozitivní dopad na růst plodin. Zhodnocení efektivity vermi-kultury bude shrnuto do tabulek. Pro tento pokus bude použit druh *Eisenia andrei*.

2 Rešeršní přehled

2.1 Kompostování

Kompost je nejstarším a nejpřirozenějším prostředkem ke zlepšování půdy, který známe. Připravuje se dle KALINA, (1999) z odpadů ze zahrady, organických odpadů z domácnosti (kuchyňské a jiné organické zbytky, papír, obsahy záchodových žump a septiků uvádí VÁŇA (1994)) a ze zemědělských odpadů (stará sláma, znehodnocená krmiva, smetky z cest a dvora, listí, stařina, výhozy z čištění příkopů (VÁŇA, 1994)).

Kompostování je proces aerobní degradace za hojné účasti půdních mikroorganismů, během kterého dochází k přeměně velkých organických látek na menší, stabilnější a pro rostliny snadněji dostupnější složky - souhrnně označované jako **humus**. Aktivní složkou humusu je humidová kyselina. Tato molekula dokáže přeměnit živiny na formy pro rostliny mnohem snadněji využitelné. Humidová kyselina navíc usnadňuje difúzi látek přes rostlinnou membránu, zajišťuje v půdě přirozenou rovnováhu mezi kyslíkem, vlhkostí, makro i mikroelementy a půdními mikroorganismy (GREENHOME, 2008).

Pouze půda s odpovídajícím podílem humusu, může být v dobrém fyzikálním, chemickém a biologickém stavu. Humus tvoří významnou část půdy z hlediska půdní úrodnosti. Po zapravení kompostu do půdy, již nedochází ke ztrátám živin (ŠTYKAR, 2004).

Kompostování odpadů, jak uvádí KURAŠ (1994), je ve srovnání se skládkováním, skutečným způsobem jejich zneškodnění. Materiály uložené na skládkách zůstávají v podstatě nezměněny po dlouhou dobu a mohou způsobit kontaminaci vody či ovzduší. Přednost kompostování spočívá v tom, že umožňuje vrátit původní materiály do přirozených potravních cyklů. Při kompostování dochází ke zneškodňování škodlivých látek jejich rozkladem, případně přeměnou na nové materiály.

2.1.1 Technologie procesu kompostování

Dle ŠTYKAR (2004) je průběh kompostování, až na malé výjimky, stejný u všech způsobů aerobního kompostování. Liší se pouze rychlostí probíhajících dějů. Ta je závislá hlavně na:

- optimalizaci surové skladby,
- optimální teplotě, vlhkosti, stupni provzdušnění,
- mechanizaci rozhodujících operací v technickém procesu,
- zakrývání zakládek kompostu geotextílií.

Při dodržení podmínek se mluví o tzv. řízeném kompostování, při kterém je každý zásah do procesu přesně načasován a má své opodstatnění. Řízené kompostování výrazně urychlí průběh třemi fázemi, které jsou pro správný průběh procesu nezbytné (JELÍNEK, 2002).

Dle KALINA (1999) jsou tři fáze procesu kompostování:

1. Fáze mineralizace - rozkladu
2. Fáze přeměny
3. Fáze syntézy – zrání

Dále se proces kompostování může dělit dle PEIGNE - GIRARDIN (2002) na:

1. Fáze mezofilní

Charakteristický je růst teploty. Tato fáze začíná již v prvních hodinách a trvá několik dní (2 – 5 dní). Vyskytují se zde nespecifické mezofilní bakterie, které jsou dominantní. Dále aktinomycety a houby.

2. Fáze termofilní

Dále narůstá teplota. Tato fáze trvá několik dnů až týdnů. Převažují zde termofilní bakterie a houby, vyskytují se zde metanogenní termofilní bakterie.

3. Fáze zrání

Dochází k ochlazení kompostu, trvání je několik týdnů až měsíců. Vyskytují se zde více specifické mezofilní organismy a bakterie, které dominují. Dále jsou zde aktinomycety a houby.

První fáze začíná již během prvních 24 hodin (HLAVOVÁ, 2007), vyznačuje se zvýšeným nárůstem teploty (v jádru kompostované hmoty dosáhne až k 60°C), za kterým následuje relativně rychlý pokles (JELÍNEK, 2002). Je to činnost milionů bakterií a hub, které rozkládají lehce rozložitelné sloučeniny, jako jsou cukry, bílkoviny a škrob (KALINA, 1999). Jde o chemické degradační reakce, typické na počátku. V pozdější fázi dochází k rozkladu celulózy a dalších součástí dřevní hmoty (JELÍNEK, 2002). Mikroorganismy, zejména aerobní formy, při této mineralizaci oxidují uhlík a vodík obsažený v organických materiálech na oxid uhličitý, vodu a teplo (NESVADBA - VELEK 1983). Při přebytku dusíku může vznikat i amoniak. Mikroorganismy nejsou schopné odbourávat organické kyseliny, proto rychle roste relativní zastoupení těchto kyselin a dochází k poklesu pH (JELÍNEK, 2002).

V této fázi se rozvíjejí mezofilní mikroby, kteří dosahují vrcholu aktivity při teplotách 20 – 30°C. Při zvýšení teploty na 45°C nastupují termofilní organismy. Při těchto pochodech se uplatňují především tyčinkovité bakterie – mikromycety, rozkládající celulózu. Termofilním houbám se připisuje důležitá funkce při tvorbě humusu (JELÍNEK, 2002).

Dále konstatuje JELÍNEK (2002), že objem relativně rychle klesá. Celková ztráta hmoty může být až 30%.

V této fázi také dochází k hygienizaci kompostu. Teplota hubí hnilobné a patogenní bakterie, likviduje klíčivost semen (JELÍNEK, 2002).

Ve fázi přeměny se vyznačuje poklesem teploty až na 25°C. Při rozkladu hůře přístupných složek nastupují aktinomycety (Příloha Obr.č.2), dle NESVADBA - VELEK (1983) se toto stádium může nazývat *aktinomycetové*. Organické látky se postupně mění na humusové složky. Ty se váží na jílovité částice a přechází na stabilní

formy odolné mikrobiálnímu rozkladu. V této fázi se může objevit nenáročný hmyz, popř. jiné organismy (JELÍNEK, 2002).

Ve fázi přeměny se odbourá cca 10% hmotnosti směsi (JELÍNEK, 2002). Kompost získává stejnoměrně hnědou barvu a drobtovitou strukturu (KALINA, 1999).

Fáze zrání kompostu se projevuje poklesem teploty na hodnotu okolí. Dochází k vytvoření vazeb mezi anorganickými a organickými látkami a k tvorbě kvalitního a stabilního humusu. „Živný humus“ se přeměňuje na „trvalý humus“, hnojařský účinek je slabší (živiny jsou stále pevněji vázány), účinnost humusu se však zvyšuje (KALINA, 1999). Objevují se kokovité bakterie jako představitelé autochtonní mikroflóry, malí živočichové, hmyz, roztoči, žížaly a další organismy (JELÍNEK, 2002).

Celkové snížení hmotnosti od začátku kompostování, včetně ztrát při zpracování, může dosáhnout až 60%. Pokles objemu je ještě větší, protože dojde ke zhutnění materiálu. Byla-li původní měrná hmotnost zakládaného materiálu $400 - 600 \text{ kg.m}^{-3}$, je měrná hmotnost zralého kompostu dle použité technologie okolo 700 kg.m^{-3} u kompostu s vyšším podílem zeminy je $1000 - 1200 \text{ kg.m}^{-3}$ (JELÍNEK, 2002).

Jako organické látky vhodné ke kompostování uvádí KURAŠ (1994) tuhé komunální odpady (neobsahující popel), vyhnílé čistírenské kaly, různé zemědělské odpady, kůra a dřevní odpad, cukrovarská a lihovarská šáma, uhelné kaly apod.

2.2.1 Základní způsoby výroby kompostů

PLÍVA a KOLLÁROVÁ (2005) uvádějí, že z technologického hlediska se rozlišují následující základní způsoby výroby kompostů:

- kompostování na volné ploše
 - kompostování v pásových hromadách,
 - kompostování v plošných hromadách,
- intenzivní kompostování

- kompostování v biofermentorech (bioreaktorech),
- kompostování v boxech a žlabech,
- kompostování ve vacích (Ag Bag kompostování),
- **vermikompostování.**

2.2.2 Vermikompostování

Proces vermikompostování je v České republice poměrně mladý způsob, jak efektivně naložit s biologickým odpadem. Ve Spojených státech, odkud tato technologie pochází, je dnes již standardně používána jako alternativa ke klasickému kompostování (ŠLEJŠKA, 1999).

Vermikompostování je metoda převážně aerobní fermentace organických materiálů, která využívá značného potenciálu některých druhů dešťovek přeměňovat organickou hmotu na kvalitní hnojivo s relativně vysokým podílem humusových látek a s obsahem regulátorů růstu (ŠLEJŠKA, 1999). Žížaly neustále promíchávají spodní a svrchní vrstvy půd. Jejich prostory tvoří pouze jediné procento celkového objemu půdy. Žížaly v nich hromadí rostlinné zbytky, které ve svém trávicím ústrojí dále přeměňují na exkrementy. Jsou tu přítomny i bakterie vázající vzdušný dusík, které obohacují půdu výtečným hnojivem. V chodbičkách je rovněž zadržována srážková voda, která by jinak stekla bez užitku po povrchu půdy (SAFRON, 2001).

Rozdíl mezi kompostováním a vermikompostováním je uveden v tabulce (Příloha Tab.č.1).

Produktem vermikompostování je kvalitní humus, z čehož jsou nejcennějšími částicemi žížalí výkaly. Tato frakce obsahuje až 35% humusových látek, s významným zastoupením huminových kyselin, ty mají velkou agronomickou účinnost. Mnohé zdroje uvádějí, že je vermikompost 60 až 70krát účinnější, než klasický hnůj, avšak podle VÁŇA (1994) má tuto vlastnost pouze ta nejjemnější frakce (do 1mm). Použití biohumusu zvyšuje nutriční hodnotu produktu, omezuje vstup cizorodých látek do rostlin a zabezpečuje dobrý zdravotní stav rostlin. Vodní výluhy z biohumusu aplikované na rostliny, působí jako stimulátor růstu rostlin, jako jsou podle ZAJONC (1992) auxiny, gibbereliny a cytokininy, a dále jako prostředek k potlačování plísňových chorob (KOTOULOVÁ – VÁŇA, 2001).

2.2.2.1 Druhy kroužkovců vhodné pro tvorbu vermi-kultury

Pro vermikompostování jsou vhodné např. tyto druhy dešťovek:

- *Eisenia foetida* – Žížala hnojní,
- *Eisenia andrei*,
- *Lumbricus rubellus*,
- *Eudrilus eugenie*,
- *Perionyx excavatus* (ŠLEJŠKA, 1999),
- *Lumbricus terrestris* (IWMB, 2008),
- *Dendrobaena rubida*,
- *Dendrobaena veneta*,
- *Perionyx excavatus*
- *Pheretima elongata* (EDWARDS, 2004).

Délku životního cyklu u jednotlivých druhů znázorňuje graf č.1 v Příloze.

Podle KOTOULOVÁ – VÁŇA (2001) se pro tento způsob kompostování osvědčil druh *Eisenia foetida*. Důvodem jsou biologické zvláštnosti tohoto druhu. Dobře se mu daří při teplotě 25°C, která je pro ostatní žížaly příliš vysoká. S tím je spojena vyšší spotřeba potravy, tedy i rychlejší zpracování kompostovaného materiálu.

Žížala hnojní je jediným druhem, který v naší oblasti žije v prostředí silně ovlivněném zemědělskou činností. Nejčastěji se vyskytuje v menších hnojištích, a hromadách kompostu, v mokré rozkládající se slámě nebo v jiných organických zbytcích, při odpadových kanálech a smetištích (ZAJONC, 1992).

Také rozmnožování je rychlejší, protože do kokonů kladou několik vajíček. Rozmnožovací schopnosti žížaly hnojní (*Eisenia foetida*) a dalšího druhu žijícího ve vrstvě rostlinných odpadů – *Lumbricus rubellus* – nám umožní porovnat tabulka č.1 (ZAJONC, 1992).

Tab.č.1: Srovnání výsledků rozmnožování druhu *Lumbricus rubellus* a *Eisenia foetida*.

Zdroj: ZAJONC, I. (1992): Chov žížal a výroba vermikompostu.

	<i>L. rubellus</i>	<i>E. foetida</i>
Počet kokonů	4000	2500
Počet vylíhnutých mlád'at	3200	6500
Průměrný počet mlád'at na jeden kokon	0,8	2,5
Líhnutí z kokonů (dny)	30	17
Dospívání (dny)	120	75
Celková doba vývoje (dny)	150	92

Eisenia andrei se odlišuje od *Eisenia foetida* jedním morfologickým znakem. *Eisenia foetida* má na těle hnědorudé pruhy uprostřed jednotlivých článků těla, které se střídají se špinavě žlutými v mezičlánkových brázdách. *Eisenia andrei* je jednobarevná tmavo – anebo světlerudá. V třicátých letech začaly v USA pokusy se šlechtěním žížaly, která by vyhovovala průmyslovému zpracování organických odpadů. Vyšlechtěna byla žížala s názvem červená kalifornská žížala. Rudé zbarvení bez pruhů nasvědčuje tomu, že východiskem šlechtění byl druh *Eisenia andrei* (ZAJONC, 1992).

Tento kalifornský hybrid pohlavně dozrává ve 3 měsících a dva hermafroditní jedinci ročně v průměru produkují cca 1500 mladých červů a to po dobu 16 let. V optimálních podmínkách je možno chov dvojnásobně zreprodukovat za 3 měsíce. Dospělý červ spotřebuje denně tolik krmiva, co sám váží a z něj vyrobí 60% biohumusu a 40% využije pro vlastní metabolismus (KOTOULOVÁ – VÁŇA, 2001).



Obr.č.1: Chov žížalek *Eisenia foetida*

Zdroj: Petr Bimbo (2008), Dostupné na WWW:

<http://www.bibrle.com/eusenian/eusenian.html>

2.2.2.2 Technologie vermikompostování

2.2.2.2.1 Substrát

Technologie tohoto způsobu kompostování spočívá v tom, že se a dno vermikompostéru umístí podestýlka, kterou může tvořit tráva, listí, roztrhaný a navlhčený novinový papír, půda, rašelina, hobliny nebo kokosové vlákno (EKODOMOV, 2008). Substrát se podle ŠLEJŠKA (1999) přidává každý týden (2 – 3 cm, nejlépe předkompostovaný). Mohou však existovat i metody výroby vermikompostu v na sobě poskládaných boxech, či v automatických vermikompostérech s násypkou substrátu v horní části a cyklickým odebráním vermikompostu ze spodku vermikompostéru pomocí pohyblivého síta (ŠLEJŠKA, 1999). Zvlášť výhodný je zrající kompost s podílem hnoje domácích zvířat, zejména králíků. Stáří tohoto zrajícího kompostu by mělo být 2 – 3 měsíce. Dokonale zralý kompost není vhodným substrátem pro žížaly pro nedostatek sacharidů, vitamínů a bílkovin (KOTOULOVÁ – VÁŇA, 2001). Do podestýlky se vloží násada žížal a vhodné kousky bioodpadů menší než 5 cm (KOTOULOVÁ – VÁŇA, 2001).

Důležitý je také, jak se zmiňuje ZAJONC (1992), obsah dusíku, který musí být ve vhodném množství (1 – 4%). Jeho obsah je důkazem dostatečné zásoby bílkovin nutný pro život, rozmnožování a růst žížal. Jeho vysoký obsah však není žádoucí, protože bílkoviny, ve kterých se nachází, rychle podléhají rozkladu a produkují pro červy jedovaté látky. Největším problémem při vermikompostování bývá právě špatná podestýlka. Přibývající zbytky jídla obsahují vodu a mohou zpomalit kompostovací proces a snížit množství žížal. Nutné je tedy lůžko udržovat přiměřeně vlhké a provzdušněné (EKODOMOV, 2008). Žížaly následně vkládáme do připraveného materiálu vždy i s částí substrátu, ve kterém se vyvíjely. Umožní to, aby se rychleji adaptovaly na prostředí (ZAJONC, 1992).

Při zakládání vermikompostu se nejčastěji používá hovězí hnůj, stejně dobře poslouží i hnůj koňský, králíčí nebo ovčí. Vhodné jsou také odpady z rostlinné výroby, potravinářského průmyslu, zemědělského průmyslu, domovní odpad a pod. (ZAJONC, 1992).

2.2.2.2.2 Krmivo

Jako vhodné „krmivo“ pro žížaly jsou čerstvé rostlinné zbytky, odpady ze zeleniny a ovoce, navlhčený kartón nebo papír. Žížaly se pravidelně po 7 – 10 dnech přikrmují. Během přikrmování je výhodné zbytky zeleniny nebo ovoce mechanicky upravit na menší částice a zasypávat základním substrátem, aby neshnily (KOTOULOVÁ – VÁŇA, 2001). Dalším vhodným materiálem pro vermikompostování je, podle ŠLEJSKA (1999), čajová sedlina a zbytky obilovin. Za nevhodné jsou považovány zbytky z mléčných a mastných výrobků, kořeněné potraviny, tuky, oleje a exkrementy. Jeden z důvodů je, že tyto látky mohou vykazovat vyšší obsah škodlivých látek pro žížaly (KALINA, 2008) a druhým důvodem je, že tuky, oleje a mastné výrobky nepůsobí příznivě na organismus žížal, neboť dýchají celým povrchem těla (JINDROVÁ, 2006). Tyto látky mohou snadno přilnout k tělu žížaly a tím jí dýchání znemožnit.

Zpočátku je vhodné potravu žížalám vážit. 0,5 kg žížal zkonsumuje zhruba 0,25 kg bioodpadů denně. Postupně, podle vzrůstajícího počtu žížal, se může množství potravy zvyšovat. Počet žížal se zdvojnásobí přibližně za 3 měsíce (EKODOMOV, 2008).

2.2.2.2.3 Vhodné podmínky

Pro uspokojivý proces vermikompostování se KOTOULOVÁ – VÁŇA (2001) zmiňují takto:

Je nutno zajistit:

- Optimální teplotu

Prostředí by mělo mít teplotu mezi 19 – 22°C. Při teplotě pod 7°C a nad 33°C jsou žížaly netečné a pod 0°C a nad 42°C hynou.

- Optimální vlhkost

Vlhkost substrátu by měla být mezi 78 – 82%. Vlhkost nižší než 60% a vyšší než 90% působí úhyn žížal. Pokud začne povrch vysychat, je třeba jej pokropit (ŠLEJŠKA, 1999).

- Neutrální pH

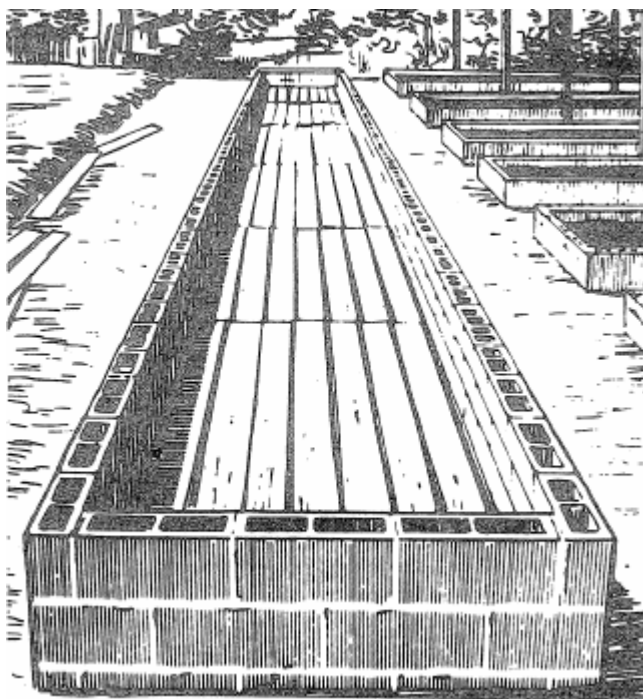
Vyšší pH než 8 a nižší než 6 žížaly zabíjí.

- Omezit sluneční záření, vítr (KOTOULOVÁ – VÁŇA, 2001).

2.2.2.2.4 Kompostování v polních podmínkách

U tohoto typu technologie se předpokládá, že kultivační hromady budou umístěny na volné ploše, na betonové ploše nebo na plastové folii. Důležité je dodržet výšku kultivační vrstvy, která nemá překročit 0,6m (aby bylo zajištěno dostatečné provzdušnění). Šíře hromad se určuje užívanou mechanizací. U plochy, na které pracujeme, musíme mít zdroj na zavlažování. Polní podmínky nám většinou poskytují lepší možnosti k využití mechanizace a dopravních prostředků a skladování surovin (ZAJONC, 1992).

Jak bylo výše zmíněno žížaly jsou aktivní při teplotách 19 – 22°C, v polních podmínkách jsou tyto teploty zajištěny převážně v jarních, letních měsících a na počátku podzimu, proto v polních podmínkách bude intenzivní proces kompostování probíhat přibližně 6 měsíců. V zimě se musí kultivační hromady zajistit tak, aby žížaly nevyhynuly. Hromady se mohou izolovat slámou či podobným materiálem a musí se zajistit také dostatek čerstvého substrátu. V létě se naopak musí počítat s denním zavlažováním kultur, které jednak snižuje teplotu a jednak nahrazuje odpařenou vodu (ZAJONC, 1992).



Obr.č.2: Ohrady z tvárníc vhodné na kompostování v polních podmínkách

Zdroj: ZAJONC, I. (1992): Chov žížal a výroba vermikompostu.

2.2.2.2.5 Kompostování v uzavřených prostorách

Kompostování v uzavřených prostorách (Příloha Obr.1) podle ZAJONC (1992) umožňuje zintenzivnit celý proces tak, že se v nic udržuje stále optimální teplota prostředí. KURAŠ uvádí, že kompostárny se mají budovat v uzavřených prostorách proto, aby nedocházelo k úniku emisních pachů, které vznikají v průběhu kvasných procesů. Potom také, když se vermikompostování použije k odstranění škodlivin, uzavřený systém zamezí jejímu úniku do okolí. Také tím zabráníme úniku červů mimo kompostovací plochu, což zamezí introdukci nepůvodních druhů a vniku pro žížaly nebezpečných predátorů.

Pokud vzniká vermi-kultura tímto způsobem kompostování, je vhodné využít kontejnery. Ty se umístí nad sebe s dostatečnými větracími mezerami mezi sebou (ZAJONC, 1992).

2.2.2.2.6 Vermikompostér

Metoda probíhá v tzv. vermikompostéru, ten se nejčastěji používá v domácnosti popřípadě pro komunitní kompostování. Jako vermikompostér lze použít jakoukoli bedničku o poměru stran přibližně 1:2:3 s perforovaným dnem pro odvod přebytečné

vlhkosti, víkem a s miskou vespod (EKODOMOV, 2008). Bednička může být ze dřeva nebo z plastu. Výhoda dřeva spočívá v lepší izolaci, ale je náchylné k plísním, houbám apod. Plasty jsou odolnější a lépe se čistí (ŠLEJŠKA, 1999). K vermikompostování lze využít také nádoby k tomu přímo určené. Skládají se z několika pater, což umožňuje intenzivnější kompostování - perforovaná dna jednotlivých nádob zajišťují odvod přebytečné vody a provzdušnění. Tyto vermikompostéry také obsahují veškeré základní potřeby pro vermikompostování (EKODOMOV, 2008).



Obr.č.3 Vermikompostér

Zdroj: EKODOMOV (2008), Dostupné na WWW:

<http://www.ekodomov.cz/index.php?id=vermikompostovani>

2.2.2.1.5 Způsob odběru žížal z hotového vermikompostu

Existují tři základní způsoby, jak žížaly oddělit.

1. Bioodpady se dávají pouze k jedné straně vermikompostéru. Většina žížal se postupně na tuto stranu přesune. Z druhé strany lze potom snadno odebrat vermikompost (EKODOMOV, 2008).
2. Například na větších zemědělských, zahrádkářských plochách se uplatňuje způsob, kdy se na horní plochu aplikuje vrstva krmiva, které bude pro žížaly velmi atraktivní. Může to být zrající kompost promíchaný s obilným šrotem. Do této vrstvy se do 14 dnů přesídlí až 90% žížal a tyto i se substrátem mohou být přeneseny na jiný záhon (KOTOULOVÁ – VÁŇA, 2001).

3. Poslední způsob je založen na skutečnosti, že žížaly nemají rády světlo. Vermikompost se vysype na hromadu a část hromady se rozhrne do tenké vrstvy. Žížaly, které se ocitnou v tenké vrstvě na světle zalezou zpět do velké hromady vermikompostu. Takto lze postupně rozhrnout celou hromadu a žížaly oddělit. Tento způsob považujeme za nejúčinnější (EKODOMOV, 2008).

2.3 Možnost využití kroužkovců při odstranění znečištění

V následujícím textu se budu snažit podat ucelený přehled, kde by bylo možné kroužkovce využít při odstranění znečištění.

2.3.1 Pesticidy

Činnost kroužkovců lze využít při odstranění zbytků pesticidů používaných v zemědělství. Například toxikologický výzkum zaměřený na dopady použití insekticidu Chlorporifosu dokazuje, že pokud je ve velmi malé koncentraci, nemá dopady na činnost druhu *Eisenia andrei* (CASAMBÉ et al., 2007). I ŠLEJŠKA (1998) konstatuje, že pro urychlení rozkladu pesticidů a polyaromátů se do kontaminovaných zemin aplikuje kompost. Množství kompostu potřebné pro úspěšnou biodegradaci velmi kolísá podle druhu kontaminantu a podmínek prostředí. Např. LIU – COLE (1996) se zaměřili na výzkum, kolik množství kompostu je potřeba na odstranění insekticidů. V jejich experimentu byly použity tři insekticidy, následně byly zjištěny tyto hodnoty: metolachlor se po dvaceti dnech zcela rozložil i bez přídatku kompostu, pendimethalin potřeboval 20% přídatku pro 80% rozklad a 87% rozklad trifuralinu byl dosažen až přídatkem 40% kompostu. V průběhu pokusu byly v substrátech pěstovány rostliny. Nejvyšší výnosy byly zaznamenány při 20% přídatku kompostu. Pomocí tohoto pokusu lze vidět potenciál vermi-kultury „čistit“ tolik potřebnou složku životního prostředí – půdu.

2.3.2 Těžké kovy

U kroužkovců, jak uvádí CHARVÁT (2008), se vyvinul mechanismus, který jim umožňuje přežít v půdě znečištěné nejrůznějšími toxickými kovy, včetně arzenu, olova, mědi a zinku. Následně i KURAŠ (1994) uvádí, že pomocí červů lze tyto těžké kovy z prostředí izlovat. Kovy jsou obsaženy hlavně v rybníčním bahně, stromové kůře

a v uhelných kalech. CHARVÁT (2008) se dále zmiňuje, že principem efektivnějšího odstranění kovů z půdy je jejich malá přeměna po průchodu zaživacím traktem žížal. Ta spočívá v tom, že žížaly produkují metalothionein - protein, který má schopnost obalit částice kovů, a snížit tak jejich rizikovost. Díky tomu je pak pro rostliny jednodušší vyčistit půdu od potenciálně jedovatých kovů.

Dle KURAŠ (1994) je však nutné si připustit, že může nastat problém bioakumulace kovů. Ten nastává poté, když se tyto kovy hromadí v těle žížal či rostlin, a tím nastává omezená možnost s jejich dalším využitím.

2.3.3 Odpadní kaly

Možností vermikompostovat odpady z celulózo – papírenského průmyslu se zabýval ŠLEJŠKA (1996). Mezi papírenský kal vhodný pro vermikompostování patří zejména sekundární papírenský biokal (SPB) a primární papírenský kal (PPK). Z experimentů vyplývá, že je vhodné vytvořit směs SPB a PPK v poměru 50/50 a 75/50, kdy se vytvoří vhodné prostředí pro činnost dešťovek. Ty svou činností přeměňují nebezpečné látky v kalech na látky dále využitelné např. do rekultivačních substrátů.

2.3.4 Výhody i nevýhody biologické konverze hmoty

Výhodou biologického zpracování některých nebezpečných odpadů jsou zejména dle KURAŠ (1994):

- možnost zpracovat odpady přímo na místě jejich výskytu, čímž se odstraní riziko s náklady při jejich dopravě,
- minimální narušení lokality, ve které se místa znečištění nacházejí,
- nižší náklady než u jiných metod,
- postup lze použít v kombinaci s jinými metodami jako konečný čistící krok, umožňující odstranit i stopové nečistoty, které se jinými metodami neodstraní.

Nevýhodou může být:

- časová náročnost zpracování hmoty
- riziko návratu vložený investic
- možnost introdukce cizích druhů

2.4 Možnost využití kroužkoveců při určení míry znečištění prostředí

V návaznosti na možnost využití žížal při odstranění znečištění jsem zahrnula i kapitolu možnosti jejich využití jako bioindikátorů. Dle CHARVÁT (2008) jsou žížaly ideálními „půdními detektivy“. Jejich výskyt v zemině může být hlavním indikátorem jejího zdraví.

Žížaly mohou reprezentovat až 60 – 80% celkové živočišné biomasy. Jsou ideálním organismem pro studium znečištění životního prostředí, jako indikátorový druh i jako testovací organismus. Ve volné přírodě jsou široce rozšířené a také jsou poměrně snadno udržitelné v laboratorních podmínkách. Jejich přežití a chování v kontaminované půdě má význam pro jejich využití jako biologických indikátorů půdního zdraví a jako činitelů půdního uzdravování. Testování žížal poskytuje ideální model pro zjišťování biodostupnosti a akutní toxicity kontaminantů v půdě (BEZCHLEDOVÁ).

2.5 Užití vermikompostování v zahraničí

Jak se zmiňuje SHARMEN (2001), vermikompostování je typické spíše pro zahraniční země příkladem může být USA a Německo. Pro zajímavost ve svém článku SAFRON (2001) uvádí, že v evropské orné půdě žížaly přetvoří a obohatí svými exkrementy 20 až 25 tun půdy na hektar za dobu šesti měsíců. Dále i KALINA (2004) uvádí, že začátkem sedmdesátých let se začali zpracovávat zemědělské odpady pomocí dešťovek v Japonsku. U nás v ČR zatím tento způsob využití kroužkoveců, hledá své uplatnění.

2.5.1 USA

V USA je metoda vermikompostování populární jak v domácnostech tak i na poli profesionálním. Chov hnojivých žížal za účelem likvidace kuchyňských odpadků je v USA velmi propagován. Zbytky jídla představují v USA až třetinu domácího odpadu a tvorba kompostu z něj se zdála být levným a zároveň ekologickým řešením (SAFRON, 2001).

Výroba vermi-kultury v USA je dle SHARMEN (2001) nejrozšířenější v Kalifornii. Zde jsou největší území věnovaná tomuto způsobu kompostování. Dále je

rozšířen například v New Yorku, pro jeho vhodné klima. Zde je pro tento způsob kompostování vyčleněna určitá rozloha půdy.

Výroba vermikompostu je dána různými způsoby její tvorby. Můžeme použít automatizovaných systémů, ty napomohou k výrobě většího množství konečného produktu, ale samozřejmě jsou dražší a mají nároky na údržbu.

V Severní Americe se využívají tyto systémy:

- brázdy - kultivační hromady
- wedge systém,
- vermikompostování v boxech (bedýnkách),
- kompostování v polních podmínkách,
- moderní vermikompostovací reaktory (SHARMEN, 2001),
- kompostování ve vacích (JANIS, 2008).

Kultivační hromady (Příloha Obr.č.3), tvořené směsí půdy, podestýlky a hnojiva, mohou být umístěné jak venku, tak v uzavřeném prostoru. Tento systém má velké nároky na prostor. Jednotlivé řádky v nichž dochází k procesu vermikompostování jsou vysoké 0,9m. Úspěch spočívá v tom, nevytvářet brázdy příliš vysoké, aby se uvnitř udržovala teplota vhodná pro červy. Ti lépe pracují a nehynou. Dalším faktorem je vzdálenost mezi jednotlivými brázdami, ty by neměly být větší než 6m. Malá vzdálenost mezi brázdami zaručuje přestup červů do přilehlých brázd (SHARMEN, 2001).

Konečný produkt je složité oddělit zcela bez žížal, neboť i když se zdržují hlavně v místech, kde mají čerstvé „krmivo“ či hnojivo (na vrcholu brázdy), mohou být prostoupeny skrz řádek. Z tohoto důvodu se užívá mechanický sběrač, je více účinný a rychlejší než ruční sběr (SHARMEN, 2001).

Wedge systém (Příloha Obr.č.4). Jeho technologie spočívá v aplikaci hnojiva či jiného organického materiálu na 0,3 – 0,5m vysokou rozhrnutou brázdu, to až do té doby než je řádek vysoký 0,7 – 1m. Výsledkem tohoto je, že řádek dostane

trojúhelníkovitý tvar se sklonem každé strany 45°. Pokud to prostor dovolí, řádky mohou být i vyšší (SHARMEN, 2001).

Zde není potřeba oddělovat červy od hotového produktu, protože se sami budou postupně přesouvat z jedné brázdy na vedlejší brázdu, která bude obsahovat více organického materiálu, který je pro ně lákavější. Brázdy jsou činností červů přetvořeny do 6-ti měsíců (SHARMEN, 2001).

Užití boxů či bedýnek, je jedna ze základních technologií. Jde o již zmíněné vermikompostéry (Příloha Obr.č.5). Výhodou je, že tato metoda není náročná na prostor (SHARMEN, 2001).

Kompostování v polních podmínkách, na záhonech. U této metody se předpokládá, že kultivační hromady budou umístěny volně v terénu. Výhodou je, že žížaly se v případě potřeby mohou přesouvat do hlubších vrstev půdy např. když dojde ochlazení či oteplení svrchní vrstvy půdy (to v uměle vytvořených podmínkách nemohou a tudíž mohou i hynout). Pro Severní Karolínu je typické, že boxy jsou zapuštěné 0,3 – 0,5m do půdy (SHARMEN, 2001).

Vermikompostovací reaktor (Příloha Obr.č.6), jde o plně automatizovaný systém skládající se z dlouhého boxu, ocelových roštů s otvory, čidel pro kontrolu teploty a vlhkosti. Princip výroby vermi-kultury je obdobný jako u vermikompostéru. Na ocelové rošty se poklade například natrhaný papír a následně substrát obsahující žížaly (SHARMEN, 2001).

Kompostování ve vacích umožňuje zpracování v místě blízkém jeho vzniku, a tak se vyhnout zbytečně dlouhé přepravě i nevhodnému způsobu jeho zneškodnění. Principem metody je, dle JANITES (2008), oddělené předzpracování vstupních komponentů bez přístupu vzduchu v samostatných plastových vacích. Po získání dostatečného množství těchto „zakonzervovaných“ vaků dojde k promísení jejich obsahu - zbytků rostlinného nebo živočišného původu a k následnému natlačení vzniklé směsi speciálním technickým zařízením do rukávu z plastové fólie o průměru 1,5m a délce až 60m. JANITES (2008) dále uvádí, že v takto vzniklém uzavřeném prostoru probíhá následně

biodegradace při řízeném provzdušňování. Probíhá kontinuální kontrola teploty, vlhkosti a obsahu kyslíku. Doba zpracování je cca 6 týdnů.

Výhodou tohoto zpracování je, že probíhá v uzavřeném prostředí, tudíž je zamezeno úniku případných nebezpečných látek do okolí.

SHERMAN (2004) uvádí, že mezi odpad, který lze využít pro vermikompostování, a tak ulevit životnímu prostředí, patří například zbytky jídla, papírové produkty z kuchyně, 100% bavlněná trika, papírová plata na vejčeka, vlasy.

Například v Severní Kalifornii v Kaledonském nápravném zařízení od května roku 1998 do března 1999 bylo procesem kompostování přetvořeno 131 tun organického materiálu, který tvořily hlavně zbytky jídla.

3 Použití metody vermikompostování na klíčivost semen a růst plodin

V rámci své diplomové práce jsem se zaměřila na možnost využití vermikultury při klíčení semen a současně také zda bude mít její použití vliv na růst plodin v půdě znečištěné ropnými látkami, které jsou identifikovatelné jako polární extrahovatelné látky (NEL). Znečištěná půda byla odebrána na lokalitě nedaleko Karlových Varů v dekontaminačním středisku. Jak uvádí (HLAVOVÁ, 2007), jde o jedno z největších dekontaminačních středisek v ČR, které bylo původně vyprojektováno jako kompostárna. V provozu je přibližně od roku 1994.

Vlastní práce zahrnuje dvě části, kdy v první jsem se zabývala, jaký důsledek bude mít použití tzv. žížalího čaje na rychlost klíčivosti semen. Pro tento pokus jsem použila semena 6-ti odrůd hlávkového salátu: Hlávkový salát (*Lactuca sativa*) (Příloha Obr.7), Hlávkový salát – Česáček „Dubáček“ (*Lactuca sativa var.crispa*) (Příloha Obr.8), Salát listový „Lollo Bionda“ (*Lactuca sativa var.crispa*) (Příloha Obr.9), Salát římský (*Lactuca sativa L.*) (Příloha Obr.10), Hlávkový salát – letní, polní (*Lactuca sativa L. var.capitata L.*) (Příloha Obr.11), Hlávkový salát (*Lactuca sativa L. var.capitata L.*) (Příloha Obr.12).

V druhé části jsem sledovala dopad užití vermikultury při pěstování plodin. Pro tento pokus jsem použila Řeřichu zahradní (*Lepidium sativum*) (Příloha Obr.č.13).

3.1 Metodika ověření účinnosti tzv. žížalího čaje na dynamiku klíčivosti semen

Cílem této zkoušky bylo stanovení dynamiky dané partie osiva klíčit při přidání vermičaje a bez něj, pouze na vodě.

3.1.1 Materiál, přístroje a pomůcky

Materiál

- Filtrační papír

Jako substrát pro klíčení jsem použila filtrační papír, ten nebyl znečištěný, neobsahoval plísně, bakterie a jedovaté látky.

- Voda
Použita byla voda z vodovodu.

- Vermičaj

Odběr vermičaje

Žížalí čaj se odebíral ve dvou termínech 28.1.2009 a 5.2.2009. Odběr proběhl na Fakultě životního prostředí na České zemědělské univerzitě v Praze z plastové bedny. Do této bedny (20 x 30 x 25cm) byl 3 měsíce dopředu vložen substrát získaný při lisování vinné révy a do takto připraveného substrátu se vložily kalifornské žížaly (*Eisenia andrei*). Následně probíhal proces přeměny hmoty, při kterém vznikal vermičaj. Jde o nejjemnější částičky o rozměrech menších než 1mm, které se zalíváním substrátu vyplavují do misky uložené ve spodní části bedny.

Žížalí čaj jsem odebrala pomocí plastové lžičky do misky o obsahu 200ml. Na pokus bylo potřeba 150ml neředěného vermičaje. Abychom získali 200ml vermičaje, je potřeba prolít substrát 3 litry vody během jednoho týdne (cca 0,43 l/den)

Přístroje

- Odpočítavací deska

Pro odpočítávání semen byla použita odpočítavací deska, která byla k dispozici v laboratoři.

Pomůcky

- Kádinka 500ml, kádinka 50ml
- Pinzeta
- Plastové uzavíratelné misky

3.1.2 Popis podmínek zkoušky

Pokus byl proveden v laboratorních podmínkách na Agronomické fakultě České zemědělské univerzity v Praze dle Metodiky zkoušení osiva a sadby (vydáno v listopadu 2004 Ministerstvem zemědělství). Pokus měl vždy 4 opakování po 50-ti semenech. Tudíž od každé odrůdy salátu bylo potřeba 200 kusů semen pro zkoušku klíčivosti s vermičajem a 200 kusů semen pro zkoušku klíčivosti s vodou. Doba trvání zkoušky byla 1 týden. Každý den ráno cca v 8 hodin od založení zkoušky po dobu

trvání zkoušky následovalo počítání vyklíčených semen, poslední sčítání proběhlo 7.den, kdy byla zkouška současně ukončena.

Misky zvolené pro tento pokus byly neprůhledné plastové, uzavíratelné. Na víčkách byly otvory pro odvádění vlhkosti.

Vždy byly použity dvě misky pro jednu odrůdu salátu, celkem jsem tedy použila 12 misek. Do každé jsem vložila 4 kusy na sebe naskládaného filtračního papíru, který pokrýval celé dno misky. Takovéto množství papíru bylo zvoleno proto, aby se v misce po celou dobu pokusu udržela dostatečná vlhkost, neboť substrát nebyl v průběhu pokusu vlhčen. Pak jsem na povrch filtračního papíru nalila 50% vermičej. Následně jsem na svrchní vrstvu papíru nasypala 2 x 50 semen salátu. Bylo nutné, aby mezi jednotlivými skupinami 50-ti semen byla zřetelná hranice a to z toho důvodu, aby od sebe byla oddělena jednotlivá opakování.

Misky s takto připravenými vzorky se poté vložily do klimaboxu (Příloha Obr.č.15), kde byly po dobu trvání pokusu zajištěny stále stejné podmínky (teplota 20°C).

3.1.3 Průběh zkoušky

Pokus byl započat 23.2.2009 v 9.00 v laboratoři na Agronomické fakultě (Obr.č.4).

Prvně jsem si připravila jednotlivé misky, které jsem si označila čísly, pro lepší orientaci, jaká odrůda je v jaké misce. Pak jsem do každé misky vložila nejdříve 3 vrstvy filtračního papíru. Na svrchní vrstvu jsem nalila 25ml 50% vermičaje, ten jsem se snažila rozlít tak, aby byl rozprostřen po celé ploše papíru. 50% vermičej jsem získala zředěním 100% vermičaje s vodou v poměru 1:1. Předtím než jsem z 500ml kádinky, kde byl naředěný vermičej, odlila 25ml, jsem krouživými pohyby upravila obsah kádinky tak, aby byl homogenní a větší částičky se neusazovaly. Následně jsem navrch položila 4-tý filtrační papír (Obr.č.5).

Na takto připravený substrát jsem do každé misky vložila 2 x 50 semen salátu. 50 semen bylo vždy napočítáno pomocí odpočítávajícího přístroje do plastové průhledné misky (zde, jak jsem při následném sčítání zjistila, přístroj někdy chyboval, a tak v některých miskách bylo o pár semínek více). Z misky jsem prvních 50

odpočítaných semen, od dané odrůdy, opatrně nasypala vždy k jedné straně misky. Poté jsem druhých napočítaných 50 semen, od té samé odrůdy, nasypala k opačné straně, tak aby byla zřetelná hranice mezi jednotlivými skupinami 50-ti semen (Obr.č.6). Vždy, když jsem semena nasypala na filtrační papír, bylo nutné zkontrolovat, zda se jednotlivá semena nedotýkají. Pokud ano pomocí pinzety jsem semena od sebe oddálila. Zamezilo se tak případnému přenosu infekce. Naposledy jsem misku uzavřela plastovým průhledným víkem s otvory. To samé jsem opakovala do druhé misky pro tu samou odrůdu. Poté jsem tento postup opakovala pro všechny další odrůdy.

Takto připravené misky jsem naskládala do dvou sloupců po 6-ti tak, aby misky se stejnou odrůdou osiva nebyly ani nad sebou či vedle sebe. Variabilní uložení se používá proto, kdyby se v různých místech klimaboxu vyskytly jiné podmínky např: vyšší teplota v jednom z jeho rohů. Tudíž kdyby obě misky byly právě v tomto rohu, mohlo by to ovlivnit konečné výsledky klíčivosti.

Tento postup jsem následně opakovala při zakládání zkoušky, kde na filtrační papír byla pro klíčení přidána pouze voda.

Poté byly takto připravené vzorky přeneseny do klimaboxu. Kde zůstaly po dobu trvání pokusu.

První počítání vyklíčených semen probíhalo 24.2.2009 v 9h (po 24 hodinách od založení). Vždy jsem v misce spočítala semena, která byla plně vyklíčená, toto číslo jsem si poznamenala a následně vyklíčená semena z misky odstranila. Další následná počítání proběhla 25.2.2009 – 27.2.2009 a poslední počítání a současně ukončení pokusu 2.3.2009.



Obr.č.4: Zakládání pokusu dynamiky klíčivosti semen Hlávkového salátu



Obr.č.5: Misky s obsahem vermičaje

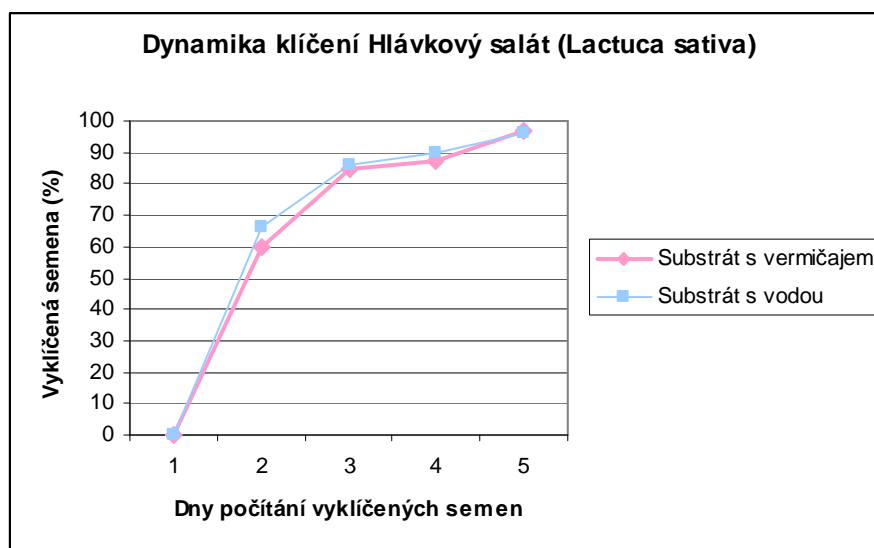


Obr.č.6: Znáznornění hranic mezi 50-ti semeny v jedné misce při pokusu

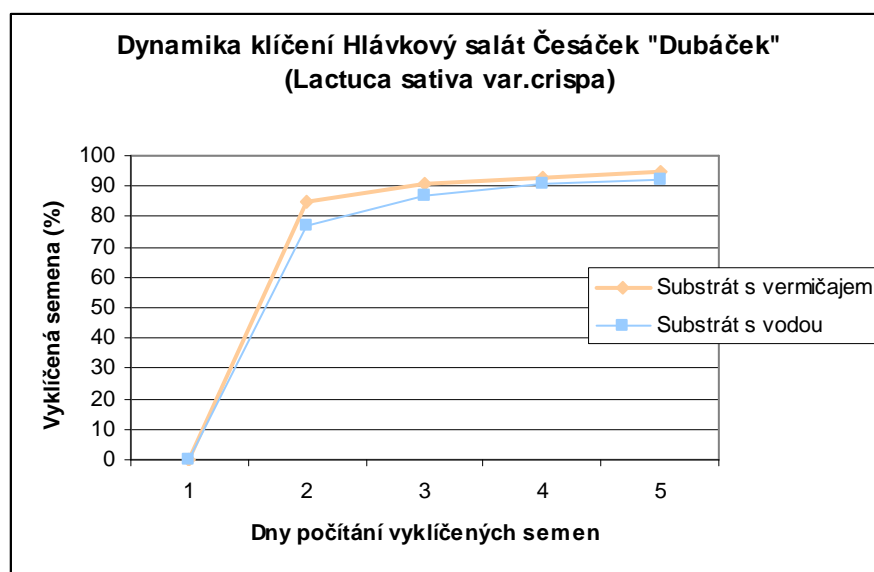
3.1.4 Výsledky zkoušky dynamiky klíčivosti semen hlávkového salátu

Po skončení pokusu jsem vyhodnotila získané výsledky v programu Microsoft office Excel. Hodnoty v grafech jsou průměrem hodnot získaných při jednotlivých opakování pokusu (1.,2.,3.,4. opakování) (Příloha Tab.2).

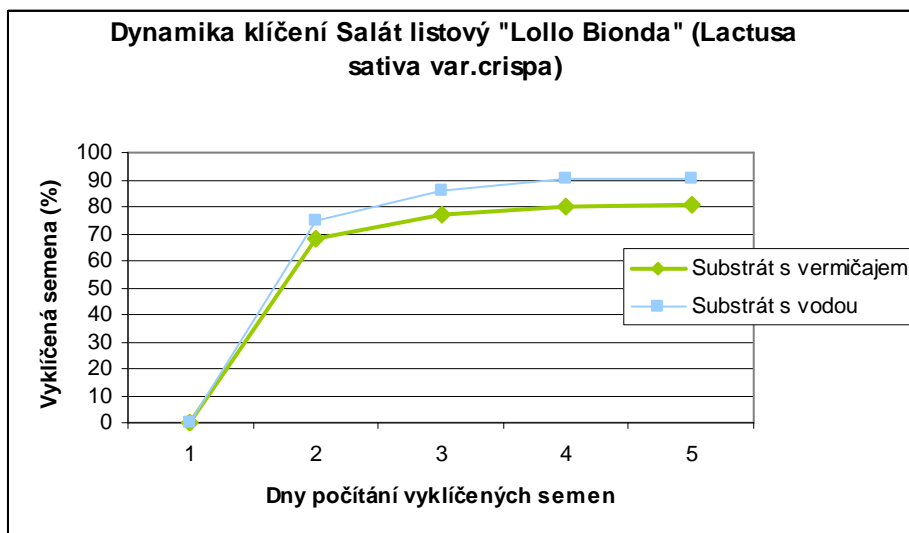
Pokus spočíval v tom, zjistit jak rychle jsou semena daných odrůd hlávkového salátu schopna vyklíčit v normálního klíčence (ten který je dále schopný vyvíjet se v dospělého jedince) za použití vermičaje. Pro kontrolu, zda mělo použití vermičaje při pokusu zásadní vliv, byla založena zkouška, kde na substrát byla přidána pouze voda. Výsledky pokusu jsou uvedeny v následujících grafech 1,2,3,4,5,6. Dny sčítání vyklíčených semen, uvedené na ose X jsou: 1 – 24.2.2009, 2 – 25.2.2009, 3 – 26.2.2009, 4 – 27.2.2009, 5 – 2.3.2009.



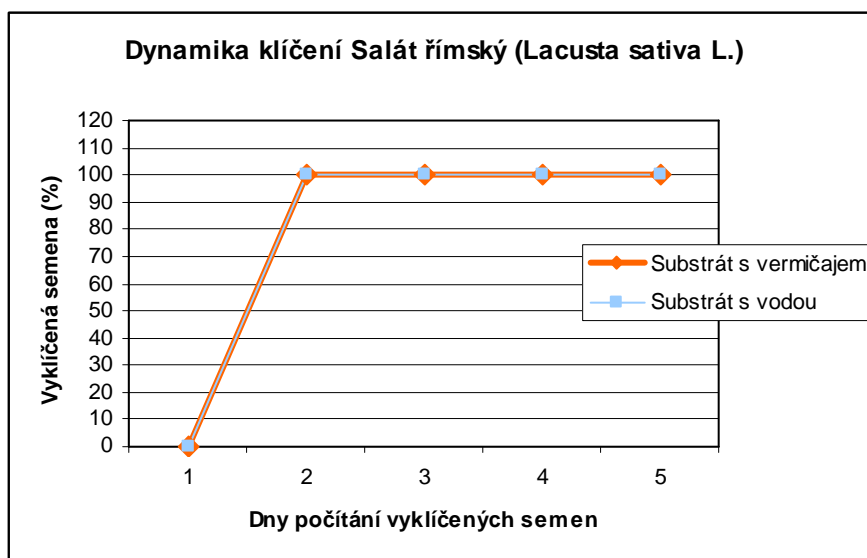
Graf č.1: Dynamika klíčení - Hlávkový salát (*Lacusta sativa*)



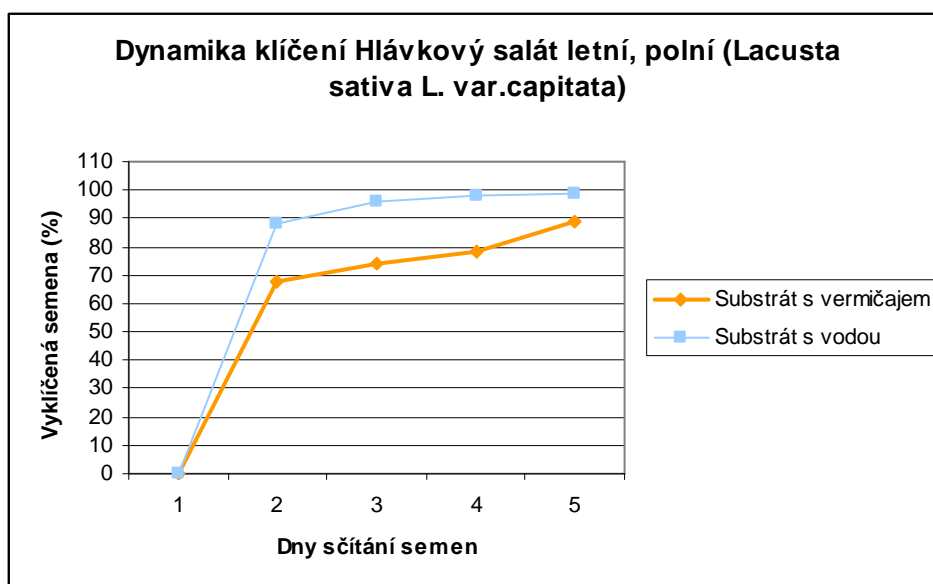
Graf č.2: Dynamika klíčení - Hlávkový salát Česáček „Dubáček“ (*Lacusta sativa* var. *crispa*)



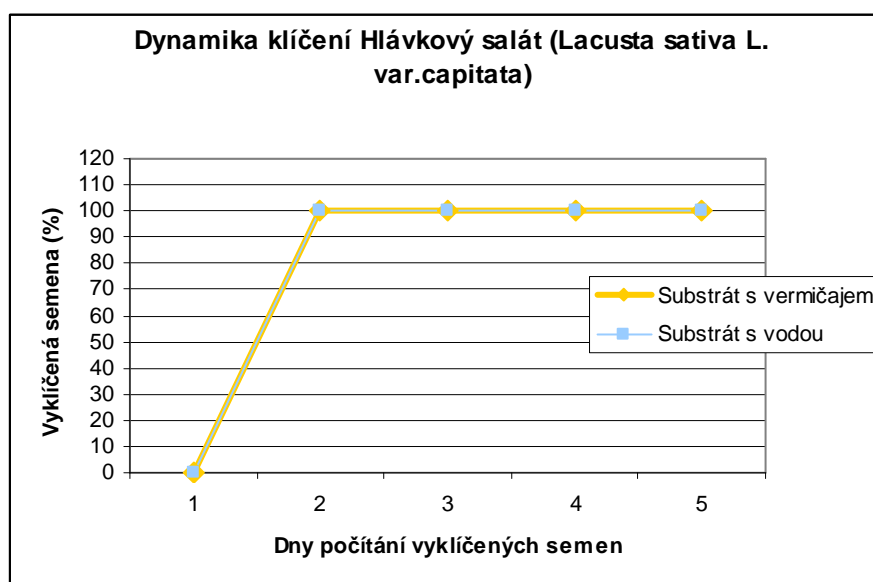
Graf č.3: Dynamika klíčení – Salát listový „Lollo Bionda“ (*Lacusta sativa* var. *crispa*)



Graf č.4: Dynamika klíčení – Salát římský (*Lacusta sativa* L.)



Graf č.5: Dynamika klíčení – Hlávkový salát letní, polní (*Lacusta sativa L. var. capitata*)



Graf č.6: Dynamika klíčení – Hlávkový salát (*Lacusta sativa L. var. capitata L.*)

Z pokusu, který se uskutečnil během 23.2.2009 – 2.3.2009 je patrné, že schopnost rychle klíčit je u semen hlávkového salátu opravdu veliká. Většina semínek, u každé z použitých odrůd, byla vyklíčena již druhý den po založení pokusu. Konkrétně semena Salátu římského (*Lacusta sativa L.*) (Graf č.4) a Hlávkového salátu (*Lacusta sativa L. var. capitata L.*) (Graf č.6) vyklíčila 100% již 25.2.2009.

Při pokusu se kromě normálních klíčenců vyskytly také abnormální klíčenci (takoví, kteří nejsou schopni se vyvinout v normální rostlinu, je-li pěstován v půdě dobré jakosti a za příznivých podmínek) a dále semena, která nevyklíčila vůbec. Tito klíčenci nebyly zahrnuti do hodnot použitých při výpočtu grafů. Jejich procentuální výskyt je v tabulce č.2.

Tab.č.2: Počet abnormálních klíčenců a nevyklíčených semen

Odrůda salátu	Substrát s vermikompostem		Substrát s vodou	
	Abnormální klíčenec (%)	Nevyklíčená semena (%)	Abnormální klíčenec (%)	Nevyklíčená semena (%)
Hlávkový salát (<i>Lactuca sativa</i>)	1,50%	1,50%	3%	1%
Hlávkový salát – Česáček „Dubáček“ (<i>Lactuca sativa var.crispa</i>)	3%	2%	3%	5%
Salát listový „Lollo Bionda“ (<i>Lactuca sativa var.crispa</i>)	4%	15%	2%	6%
Salát římský (<i>Lactuca sativa</i> L.)	0%	0%	0%	0%
Hlávkový salát – letní, polní (<i>Lactuca sativa L. var.capitata L.</i>)	2%	9%	0%	1%
Hlávkový salát (<i>Lactuca sativa L. var.capitata L.</i>)	0%	0%	0%	0%

3.2 Diskuze – Dynamika klíčení

Z výsledků vlastního pokusu hodnotím vliv vermikultury na dynamiku klíčení jako velmi malý až téměř žádný. Jak je vidět z grafů, rychlost klíčení je téměř stejná na substrátu s vodou i na substrátu, kde byl použitý vermičej. Semena vyklíčila se stejnou rychlostí i v poměrně stejném počtu jak u zkoušky s vodou tak u zkoušky s vermikulturou. Avšak to neznamená, že v jiném složení a za jiných podmínek by nebyla vermikultura účinnější či při použití semen jiné plodiny. Při dalších pokusech by bylo vhodné zjistit složení látek, které vermikultura obsahuje. Pokud budeme vědět, jaké je složení vermičaje, lze si snadněji odpovědět na otázku: „Z jakého důvodu byly dopady použití vermičaje pozitivní či negativní na vývoj plodin?“.

Další faktor, který mohl pokus ovlivnit je délka vytváření vermikompostu – 3 měsíce, před tím než byl obsah proléván vodou pro získání jemné frakce – vermičaje. Je možné, že kdyby se vermikompost ponechal procesu rozkladu déle, byla by jeho kvalita vyšší.

Celý pokus byl podmíněn vytvořením a udržením teploty 20°C, která byla použita dle metodiky MZe – Metodika zkoušení osiva a sadby, toto bylo docíleno použitím klimaboxů. Je možné, že když byly misky každý den z klimaboxů vyndávány kvůli sčítání vyklíčených semen, že toto náhlé snížení teploty po vyjmutí mohlo mít negativní dopad na klíčivost. V místnosti, kde se klimaboxy nacházely byla teplota vzduchu cca 17°C a počítání trvalo vždy okolo 30 minut.

3.3 Metodika ověření účinnosti vermikompostu při pěstování plodin

Cílem této zkoušky je zjistit, zda použití vermikultury, vytvořené kalifornskými žížalami, bude mít vliv na růst plodin a na vytvoření jejich kořenového systému.

3.3.1 Materiál, přístroje a pomůcky

Materiál

- Znečištěná zemina
Byla použita znečištěná půda s obsahem nepolárních extrahovatelných látek (NEL) 1000 mg.kg⁻¹.
- Neznečištěná zemina
Použit by substrát s názvem: OK Substrát pro květiny.
- Voda
Použita byla voda z vodovodu

Pomůcky

- Plastové kelímky o obsahu 180ml
- Plastové misky o rozměrech cca 9 x 17 x 3cm
- Váha (do 500g)
- Rozprašovač
- Teploměr
- Sítko
- Metr

3.3.2 Odběr vermikultury

Odběr vermikultury proběhl 28.1.2009 na Fakultě životního prostředí na České zemědělské univerzitě v Praze. Kompost byl odebrán z plastové bedny. Do této plastové bedny byl předtím vložen vhodný substrát, v tomto případě šlo o zbytky z lisování vinné révy. Následně do takto připraveného substrátu byly umístěny kalifornské žížaly (*Eisenia andrei*). Dále intenzívně probíhal proces kompostování, při kterém docházelo k rozkladu užitého materiálu. Vermikompost vhodný pro pokus se nacházel ve spodní části bedny (Obr.č.7). Důležité bylo separovat vniklý kompost od ještě nezpracovaného substrátu a také od přítomných žížal. Oddělený vermikompost jsem umístila do uzavíratelných plastových kelímků.



Obr.č.7: Odebraný vermikompost použitý při pokusu

3.3.3 Popis podmínek zkoušky

Misky, které jsem zvolila pro umístění zeminy, byly průhledné plastové. Tyto nádoby byly naspodu proděravělé k případnému odvádění přebytečné vody. V první byla znečištěná zemina smíchaná s vermikompostem. Do druhé misky byla dána zemina, která byla tvořena neznečištěnou půdou a vermikompostem a třetí miska byla naplněna pouze neznečištěnou půdou z důvodu porovnání účinnosti působení kompostu.

Vždy po vytvoření potřebné zeminy do jednotlivých misek jsem zjistila jejich objem [V (cm³)].

Nutné bylo zajistit pravidelné vlhčení zeminy, které jsem prováděla pomocí rozprašovače přibližně každý třetí den dle potřeby. Použita byla voda z vodovodu.

3.3.4 Průběh zkoušky

Po přípravě veškerých potřebných pomůcek a materiálu jsem přešla k vlastní realizaci pokusu. Ten byl započat 31.1.2009.

Nejdříve jsem si připravila zeminu do první misky. Použitým materiálem byla již zmíněná znečištěná zemina a to ropnými látkami, jejíž odběr proběhl 10.11.2008 v dekontaminačním středisku Odeř, zde to byl odpad představovaný jako sorbent z průmyslových podniků (Obr.č.8). Její znečištění bylo $1000\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tuto zeminu jsem přesila přes síto do plastové nádoby, abych se zbavila větších kusů a drobných kamenů. Takto získané znečištěné jemné zeminy bylo potřeba 50g. Následně jsem smícháním 50g znečištěné zeminy a 50g neznečištěné zeminy s názvem – OK Substrát pro květiny (Příloha Obr č.14) vytvořila zeminu s polovičním obsahem NEL a to $500\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. K takto upravené zemině jsem přidala 100g vermikompostu. Vše jsem ručně promíchala, aby vznikla homogenní směs. Tu jsem přesypala do připravené misky do výše 2cm, pak jsem vložila semínka řechy zahraní a ta zasypala zbytkem zeminy. Objem zeminy v první misce byl 392 cm^3 .

Do druhé misky jsem smíchala 100g neznečištěné zeminy se 100g vermikompostu. Vše jsem dobře promíchala a nasypala do misky do výše 2cm. Přidala jsem semínka a opět dosypala zbylou část. Objem zeminy v druhé misce byl 498 cm^3 .

Do třetí misky byla nasypána pouze neznečištěná zemina (200g) do výše 2cm a zasety semínka. Pak byl přisypán zbytek zeminy. Objem zeminy ve třetí misce byl 570 cm^3 .

Takto připravené misky jsem dala na místo, kde byl dostatek přirozeného světla, aby ho rostliny měly pro svůj růst dostatek (Obr. č.9,10,11).



Obr.č.8: Znečištěná zemina odebraná na dekontaminační ploše Karlovy Vary



Obr.č.9: Misky s namíchanými substráty a semeny Řeřichy zahradní

Pozn.: V první misce zleva je znečištěná zemina v druhé je zemina a vermikompost a ve třetí pouze neznečištěná zemina. Fotografie je pořízena z prvního dne realizace pokusu, tedy 31.1.2009.



Obr.č.10: Misky s namíchanými substráty a semeny Řeřichy zahradní

Pozn.: Fotografie je pořízena po 7 dnech od založení zkoušky 6.2.2009.



Obr.č.11: Misky s namíchanými substráty a semeny Řeřichy zahradní

Pozn.: Fotografie je pořízena po 14 dnech od založení zkoušky 14.2.2009.

Délka pokusu trvala po dobu 2 týdnů. Podrobnější kontrola vzorků byla každý 7. den, kdy se zapsala aktuální teplota a další případné změny růstu plodin. K nahlédnutí v následující tabulce (Tab.č.3).

Tab.č.3: Pravidelné kontroly plodiny Řeřicha zahradní

Kontrola č.	Datum	Teplota °C	Počet vyklíčených rostlinek	Další info
1.	31.1.2009	18	0	
2.	6.2.2009	18	1.miska–30, 2.miska–30, 3.miska–28	3.miska musela být podstatně více vlhčena než ostatní dvě, důvodem byla nejspíše špatná struktura zeminy, která nedokázala udržet vlhkost stejně tak jak to dokázala půda obsahující vermikompost
3.	13.2.2009	18	1.miska–30, 2.miska–30, 3.miska–28	Po kontrole byla zkouška ukončena

3.3.5 Porovnání vlivu užití vermikompostu

Pro přehledné porovnání účinnosti použití vermikultury při pěstování plodin jsem vytvořila následující tabulku (Tab.č.4).

Tab.č.4: Dopad užití vermikultury při pěstování Řeřichy zahradní

Pozn.: Tabulka znázorňuje počet zasetých semen 31.1.2009 a počet vyklíčených plnohodnotných rostlin, tedy těch, které jsou za příznivých podmínek schopni dále růst bez vad a poškození. Tento údaj byl zaznamenán na konci tohoto pokusu 14.2.2009.

Plodina	Počet zasetých semen v misce č.1 (znečištění 500mg/kg NEL)	Počet vyklíčených plnohodnotných rostlin v misce č.1 (znečištění 500mg/kg NEL)	Počet zasetých semen v misce č.2	Počet vyklíčených plnohodnotných rostlin v misce č.2	Počet zasetých semen v misce č.3	Počet vyklíčených plnohodnotných rostlin v misce č.3
Řeřicha	30	30	30	30	30	28

Další tabulka (Tab.č.5) uvádí průměrnou výšku rostlinek v jednotlivých miskách 1, 2 a 3.

Tab.č.5: Průměrná výška rostlinek v jednotlivých miskách

	Průměrná výška rostlinek (cm)
1.miska - znečištěná zemina s vermikompostem	9
2.miska - neznečištěná zemina s vermikompostem	9
3.miska - pouze neznečištěná zemina	8,5

Na závěr bych uvedla jaký byl kořenový systém rostlinek v miskách 1, 2 a 3. V misce 1 měly rostlinky pouze jeden hlavní kořínek, ten se větvil jen u několika málo rostlinek (Obr.č.12), v misce 3 byly kořínky rozvětvenější než v misce 1 (Obr.č.13), ale v misce 2 byly kořínky o poznání silnější a rozvětvenější než kořínky v ostatních miskách (Obr.č.14).



Obr.č.12: Kořenový systém rostlinek Řeřichy zahradní, která vyrůstala ve znečištěné půdě obohacené vermikompostem (miska 1)



Obr.č.13: Kořenový systém rostlinek Řeřichy zahradní, která vyrůstala pouze v neznečištěné půdě (miska 3)



Obr.č.14: Kořenový systém rostlinek Řeřicha zahradní, která vyrůstala v neznečištěné půdě obohacené vermikompostem (miska 2)

3.3.6 Výsledky

Z provedené zkoušky jsem zjistila, že Řeřicha zahradní (*Lepidium sativum*) (Příloha Obr.č.13) je schopna dobře prosperovat a růst na půdě, která je znečištěna 500mg.kg^{-1} nepolárními extrahovatelnými látkami (NEL) po přidání vermikultury. Z celkových 30-ti semen zasazených do znečištěné půdy vyklíčily a vyrostly v plnohodnotnou rostlinu všechna semena (Tab.č.4). Tak tomu bylo i u neznečištěné zeminy po přidání vermikultury, vyklíčilo a vyrostlo všech 30 semen. V substrátu, který byl bez přídavku vermikultury, ze zasetých 30-ti semen jich vyklíčilo 28.

Kořenový systém porovnávaných rostlinek byl viditelně rozvětvenější u těch, které byly pěstovány v neznečištěném substrátu s přídavkem vermikultury.

Cílem tohoto pokusu bylo zjistit má-li vermikultura vliv na růst plodiny. Při pozorování nadzemní části pouhým okem nebyly viditelné výrazné odlišnosti mezi

porovnávanými rostlinami (Obr.č.10,11). Výška i síla stonku, velikost lístků i celkový habitus rostlin byl u všech velmi podobný.

3.4 Diskuze – Růst rostlin

Z průběhu výsledků vlastního pokusu vyplývá, že vliv použití vermikompostu na růst plodin není výrazný. Sice v obou případech, kde byl do substrátu přimíchán vermikompost, vyklíčilo všech 30 zasetých semen a v misce, kam vermikompost přidán nebyl vyklíčilo pouze 28 semen. To ale nepoukazuje na samotnou účinnost kompostu. Zbylá 2 semena mohla být napadena infekcí či vysušena, a to mohlo být důvodem, proč nevyklíčila.

Jediný viditelný rozdíl byl pozorovatelný u kořenového systému. Rostliny pěstované ve znečištěné půdě měly minimálně rozvětvený hlavní kořen, kořínky byly i slabší a snadněji se přetrhaly než u ostatních rostlin. Kořeny u rostlin pěstovaných pouze v substrátu bez přidání vermikultury byly více rozvětvené než u rostlin v půdě s obsahem NEL. Kořenový systém u posledních porovnávaných rostlin rostoucích v neznečištěné zemině s přídatkem vermikultury byl viditelně více rozvětvený než u obou dalších skupin.

4 Závěr

Z rozboru literatury vyplývá, že proces vermikompostování by mohl do budoucna patřit k perspektivním metodám pro odstranění organického odpadu a pro zlepšení kvality znečištěné půdy. Jde o proces ekonomicky i ekologicky výhodný.

Jednou z hlavních předností je, že se tento způsob přeměny hmoty může použít každý z nás při likvidaci odpadu v domácnostech. Jako je tomu v USA a Austrálii, kde je tato metoda v domácím prostředí využívána běžně a dokonce je vládou podporována. V ČR by bylo vhodné vermikompostování více propagovat a snažit se přesvědčit, že tento způsob kompostování není náročný, ale také že omezí vnik odpadů, a tím uleví životnímu prostředí.

Z výsledků první části vlastní zkoušky hodnotím vliv vermikultury na dynamiku klíčení jako téměř nulový. Ani použití nejkvalitnějšího konečného produktu vermikompostování se neprojevalo jako vhodnější substrát pro klíčení než čistá voda.

Naopak druhá část pokusu, zaměřená na růst plodin s přidáním vermikompostu, ukázala na skutečnost, že i ve znečištěné půdě jsou po jeho přidání plodiny schopny vyrůst v plnohodnotnou rostlinu. Celková vitalita porovnávaných rostlin a jejich výška se od sebe výrazně nelišily. Bohužel rozsah tohoto pokusu nepoukazuje na množství znečištěných látek, které v sobě rostlina může po ukončení zkoušky obsahovat. Pokud by rostliny obsahovaly znečištěné látky, snížila by se tím jejich další využitelnost.

Vermi-kultura by byla dle pokusu vhodným hnojivem pro obohacení živin v půdě, a tím pro lepší a stabilní růst rostlin a zvýšení její celkové vitality.

Vermikompostování jako biosanační metoda je vhodná k použití především při odstraňování znečištění organického charakteru a kontaminantů na bázi ropy. Nelze však tuto metodu opomenout ani jako způsob dekontaminace půd, které jsou zamořené např. pesticidy. Při výběru této sanační metody přispívá k volbě nejenom hledisko ekonomické, ale také fakt, že konečný kompost má vynikající vlastnosti, které půdu obohacují a tím přispívají k zkvalitnění její struktury i složení.

Seznam literatury

1. ARCHIPČENKO, I.; BARBOLINA, I.; ZOLNIKOVA, N. (1997): Využití biohnojiv při bioremediaci zemědělské půdy. S. 26-31, IN: Cizorodé látky v zemědělských ekosystémech, seminář CZ Biom, Praha, 104 s., 1997.
2. BEZCHLEBOVÁ, Jitka: Využití žížal v půdní ekotoxikologii, Recetox.cz, [on-line], 2008. [cit. 6.12.2008]. Dostupné na WWW: http://www.recetox.muni.cz/sources/lse/ekotoxikologie_zizal_review.pdf
3. BIMBO, P. (2008): Chov žížalek Eisenia Foetida [on-line], [cit. 27.11.2008]. Dostupné na WWW: <http://www.bibrle.com/eusenian/eusenian.html>
4. CASAMBÉ, N., PIOLA, L., FUCHS, J., ONETO, ML., PAMPARATO, L., BASACK, S., GIMÉNES, R., MASSARO, R., PAPA, JC., KENSTEN, E. (2007): Ekotoxicological assesment of the efects of Glyphosate and Chlorpirifos in an Argentine Soya Field, Soil Sediments 7, str. 232 – 239. [on-line, [cit. 8.12.2008]. Dostupné na WWW: <http://www.springerlink.com/content/u7147j47h6323447/>
5. ČSN 46 5735: (1991): Průmyslové komposty. Vydavatelství norem, Praha
6. ČTK-Česká tisková kancelář (2008): Vláda schválila zákon o ochraně zemědělské půdy [on-line], [cit.: 4.2.2009], Dostupné na WWW: www.financninoviny.cz/tema
7. EAGLE VALLEY FARM (2008): Towards and Healthy Future, Eagle valley farm [on-line], [cit.: 4.2.2009], Dostupné na WWW: <http://eaglevalleyfarm.com/pdf%20files/presentation%20of%20the%20farm.pdf>
8. EDWARDS C.A. (2004): Eathworm ecology, Vydavatel: CRC Press 2004, str. 441 ISBN 08-493-1819-X, Google Books [on-line], [cit.:4.2.2009], Dostupné na WWW:http://books.google.cz/books?id=7mHvxY-1BKsC&pg=PA388&lpg=PA388&dq=vermicomposting+polutant&source=bl&ots=FJeRPGJ4XF&sig=6iCM54YWOEzqnFDn2LDJNixzNco&hl=cs&sa=X&oi=book_result&resnum=1&ct=result#PPP13,M1
9. EKODOMOV (2008): Bioodpad / Kompostování, Ekodomov.cz [on-line], [cit. 28.11.2008]. Dostupné na WWW: <http://www.ekodomov.cz/index.php?id=kompostovani>
10. GORODNIJ, N.M., MELNIK, I.A., POUCHAN, M.F. (1990): Biokonversija organičeských otchodov v biodinamičeskom chozjajstve. Urožaj, Kijev, 254 s.

11. GREENHOME, (2006): Kompostování, Greenhome.cz [on-line], 2001-2008. [cit. 27.11.2008]. Dostupné na WWW: [http://www.greenhome.cz/clanky/kompostovani-
neni-humus-jako-humus](http://www.greenhome.cz/clanky/kompostovani-
neni-humus-jako-humus)
12. HARTENSTEIN, R., BISESI, M.S. (1989): Use of earthworm biotechnology for the management of effluents from intensively housed livestock. Outlook on agriculture, 18 (2), s. 72-76.
13. HLAVOVÁ, A. (2007): Využití kompostování při starých ekologických zátěžích, Diplomová práce, FŽP, ČZU, Praha.
14. HOMELY CAPERS (2008): Compost worms [on-line], Homely capers [cit.: 4.2.2009], Dostupné na WWW: <http://www.homelycapers.com/compost-worms/>
15. HOSPODÁŘSKÉ NOVINY (2001): Neviditelní oráči v podzemí planety, SAFRON.cz [on-line], [cit. 29.11.2008]. Autoři jsou imunologové, pracující v Mikrobiologickém ústavu AV ČR. Dostupné na WWW: <http://www.pivoda.cz/vzdelavani/zivprostredi/oraciplanety.htm>
16. CHARVÁT, H. (2008): Žížaly mohou být ekologickými bojovníky 21.století, AKTUÁLNĚ CZ [on-line], [cit.4.2.2009]. Dostupné na WWW: <http://aktualne.centrum.cz/priroda/clanek.phtml?id=616896>
17. CHOVATELKA (2004-2008): Kompost tvořený žížalami, Chovatelka [on-line], [cit.:4.2.2009],Dostupné na WWW: www.chovatelka.cz/chovatelka/images/1/1/261
18. IWMB – Integrated waste management board (2008): Vermicomposting – Composting with worms, IWMB [on-line], [cit.4.2.2009]. Dostupné na WWW: <http://www.ciwmb.ca.gov/organics/worms/WormFact.htm#10>
19. JANITES (2008): Technologie zpracování BDO- biologicky degradovatelného odpadu, Janites [on-line], [cit.4.2.2009]. Dostupné na WWW: <http://www.janites.eu/produkty/technologie-zpracovani-bdo>
20. JELÍNEK, A. a kol (2002): Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním procesem. Realizační pomůcka pro zpracování podnikové normy, Praha 2002. ISBN 80-238-8539-1
21. KALINA, M. (1999): Kompostování a péče o půdu, Vydala: Grada Publishing, Praha 1999. 112 str.
22. KALINA, M. (2004): Kompostování a péče o půdu 2.,upravené vydání, Vydala: Grada Publishing, Praha 2004. 116 str. ISBN 80-247-0907-4

23. KALINA, M. (2008): Kompostování bioodadů z kuchyní, EKODOMOV [on-line], [cit.30.3.2009]. Dostupné na WWW: http://www.ekodomov.cz/index.php?id=komp_bio_z_kuchyni
24. KOTOULOVÁ, Z., VÁŇA, J.: Příručka pro nakládání s komunálním odpadem. Edice „Na pomoc praxi v odpadovém hospodářství“ Svazek I.MŽP,CEU, Praha 11/2001. 70 str. Dostupné na WWW: <http://www.biom.cz/soubory.shtml>
25. KURAŠ, M. (1994): Odpady a jejich využití a zneškodňování, Vydal: ČEÚ pro VŠCHT 1994. 243 str. ISNB 80-85087-32-4
26. LIU, X a COLE, M.A.(1996): Minimum effective compost addition for remediation of pesticide-contaminated soil. S. 903-912, IN: The Science of Composting. Ed. Bertoldi, M.; Sequi, P.; Lemmes, B. a Papi, T., Blackie Academic & Professional, Glasgow, 1500 s., 1996.
27. METODIKA ZKOUŠENÍ OSIVA A SADBY (2004), Vydalo Ministerstvo zemědělství 11/2004. Dostupné na WWW: <http://www.zeus.cz/Folders/5354-1-Legislativa.aspx>
28. NESVADBA, J., VELEK, K. (1983): Tuhé odpady, Vydalo: SNTL Praha, 1983. 310 str.
29. PLÍVA, P., KOLLÁROVÁ, M. (2005): Kompostování na volné ploše, Výzkumný ústav zemědělské techniky [on-line], 2006. 23 str. [cit. 27.11.2008]. Dostupné na WWW: <http://www.vuzt.cz/doc/clanky/zivotniprostredi/VUZT14Kompost.pdf?menuid=150>
30. JINDROVÁ, R. (2006): Žížala obecná (*Lumbricus terrestris*), RENDY [on-line], [cit. 30.3.2009]. Dostupné na WWW: <http://www.rendy.eu/zivocichove-seznam/zizala-obecna>
31. SHERMAN, R. (2001): Vermicomposting Systems Overview (Přehled systémů vermikompostování), BioCycle, 43, 2002, č. 12, s. 53-54.
32. SHERMAN, R. (2004): Medium – to – large – scale vermikomposting system, [on-line], [cit. 6.12.2008]. Dostupné na WWW: <http://www.p2pays.org/ref/11/10298.pdf>
33. ŠLEJŠKA, A. (1996): Vermikompostovatelnost odpadů z celulózového papírenského průmyslu, BIOM.cz, Praha, [on-line], [cit. 9.12.2008]. Dostupné na WWW: http://stary.biom.cz/clen/as/ver_pap.html
34. ŠLEJŠKA, A. (1998) [cit. LIU, X a COLE, M.A.(1996), ARCHIPČENKO, I. et al. (1997) a HUPE et al.(1996)]: Kompostování kontaminovaných zemín a remediac,

- BIOM.cz [on-line], [cit. 9.12.2008]. Dostupné na WWW: http://stary.biom.cz/clen/as/komp_bior.html
35. ŠLEJŠKA, A. (1999): Vermikompostování, BIOM [on-line], [cit. 28.11.2008]. Regena 5/99, IX ročník, 19 str. Dostupné na WWW: http://stary.biom.cz/clen/as/a_regena99.html
36. ŠŤASTNÁ, J. (2007): Kam s nimi, Vydała: Česká televize, Edice ČT, Praha 2007. 114 str. ISBN 80-85005-720-7
37. ŠTYKAR, J. (2004): Možnosti zpracování bioodpadu, využití technologie kompostování, Waste.cz [on-line] 30.3.2007. 5str. [cit. 27.11.2008]. Dostupné na WWW: <http://www.waste.cz/pdf/09-04/BiodpadWaste04.doc>
38. VÁŇA, J. (1994): Výroba a využití kompostů v zemědělství, Vydal: Institut výchovy a vzdělávání MZE ČR 1994. 38 str. ISBN 80-7105-075
39. VÁŇA, J. (1996): Kompostování odpadů. In: Odpady, jejich využití a zneškodňování. VŠCHT, Praha, s. 57-58.
40. WIKIPEDIA (2009): Vermikomposting, Wikipedia [on-line], [cit.1.2.2009]. Dostupné na WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Vermiculture>
41. WIKIPEDIE (2009): Aktinobakterie [on-line], Wikipedie [cit.: 1.2.2009], Dostupné na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Aktinobakterie>
42. ZAJONC, I. (1992): Chov žížal a výroba vermikompostu. Animapress, Povoda 1992, okres Dunajská Streda, 59 str. ISBN 80-85567-07-5

Přílohy

Tab.č.1: Rozdíl mezi kompostováním a vermikompostováním

Zdroj: BIOM.cz (1999): Rozdíl mezi kompostováním a vermikompostováním, Biom [on-line], [cit. 28.11.2008]. Dostupné na WWW: http://stary.biom.cz/clen/as/a_regena99.html

Srovnání parametrů dvou metod kompostování (tabulka byla vypracována s použitím dat z těchto pramenů: Váňa 1994 ¹ , Zajonc 1992 ² , Gorodnij 1990 ³ , Hartenstein 1989 ⁴ , ČSN 66 5735 ⁵ , Váňa 1996 ⁶)			
		Kompostování	Vermikompostování
Před započítáním kompostování	Optimální C/N	30-35/1 ¹	20/1 ¹
	Vhodné pH	6 - 8 ¹	min.5; opt. 6,5-7,5; max.9 ²
	Min. obsah P [% P ₂ O ₅]	0,2 ¹	
V průběhu kompostování	Doba kompostování [měsíce]	min. 2-3 ¹	léto: 2-3; zima 3-5 ³
	Správná vlhkost [%]	70% pórovitosti zaplněno vodou ¹	min. 60;opt.70-80; max.90 ²
	Obvyklá teplota [°C]	opt. 50-60; max. 68 ¹	min. 5; opt. 18-25; max. 35 ²
	Potřeba kyslíku [% O ₂ v prostředí]	min. 4 ⁶	15 ²
	Max. koncentrace CO ₂	17 ⁶	6 ²
	Max. výška zakládky [m]	4 ¹	0,6 (0,8) ²
	Max. obsah čpavku [%]		0,1 ²
Po kompostování	Max. C/N	30/1 ⁵	30/1 ⁵
	pH	6,0-8,5 ⁵	6,0-8,5 ⁵
	Vlhkost [%]	min. 40; max. 65 ⁵	min. 40; max. 65 ⁵

Tab.č.2: Vyklíčená semena při jednotlivých sčítáních

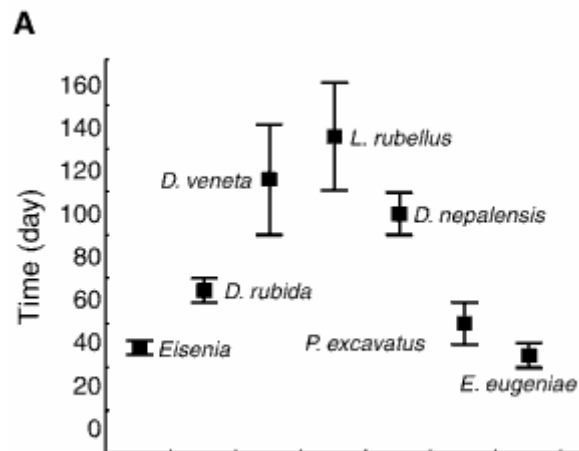
Pozn.1: Oranžová barva znázorňuje vyklíčená semena při použití vermičaje (vermikompostu) a modrá barva znázorňuje vyklíčená semena při použití vody.

Pozn.2: U salátu římského (*Lactuca sativa*L.) a u hlávkového salátu (*Lactuca sativa* L. var.*capitata* L.) jsou vypněna pouze první dvě sčítání. Je to z toho důvodu, že tyto dvě odrůdy zcela vyklíčily již druhý den po založení zkoušky.

Odrůda salátu	Opakování pokusu po 50 semenech	1.počítání 24.2.2009		2.počítání 25.2.2009		3.počítání 26.2.2009		4.počítání 27.2.2009		5.počítání 2.3.2009	
		Počet vyklíčených semen při použití vermičaje	Počet semen při použití vody	Počet vyklíčených semen při použití vermičaje	Počet semen při použití vody	Počet vyklíčených semen při použití vermičaje	Počet semen při použití vody	Počet vyklíčených semen při použití vermičaje	Počet semen při použití vody	Počet vyklíčených semen při použití vermičaje	Počet semen při použití vody
Hlávkový salát (<i>Lactuca sativa</i>)	1. opakování	0	0	32	36	41	46	43	47	52	47
	2. opakování	0	0	29	38	42	46	43	47	46	50
	3. opakování	0	0	31	30	44	41	45	43	50	47
	4. opakování	0	0	30	25	46	36	47	40	50	45
Hlávkový salát – Česáček „Dubáček“ (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>crispa</i>)	1. opakování	0	0	47	41	48	46	49	48	49	48
	2. opakování	0	0	48	46	52	50	53	52	53	52
	3. opakování	0	0	42	43	48	46	47	48	48	49
	4. opakování	0	0	44	39	47	49	48	50	50	53
Salát listový „Lollo Bionda“ (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>crispa</i>)	1. opakování	0	0	37	38	42	42	44	42	44	42
	2. opakování	0	0	34	39	39	45	39	49	40	49
	3. opakování	0	0	36	36	39	44	41	44	41	44
	4. opakování	0	0	29	38	34	43	37	47	37	47
Salát římský (<i>Lactuca sativa</i> L.)	1. opakování	0	0	52	50						
	2. opakování	0	0	53	55						
	3. opakování	0	0	53	51						
	4. opakování	0	0	52	52						
Hlávkový salát – letní, polní (<i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>capitata</i> L.)	1. opakování	0	0	48	42	49	49	50	49	51	49
	2. opakování	0	0	43	44	45	49	48	54	49	54
	3. opakování	0	0	26	49	33	52	34	52	42	52
	4. opakování	0	0	22	48	26	50	30	50	40	51
Hlávkový salát (<i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>capitata</i> L.)	1. opakování	0	0	53	51						
	2. opakování	0	0	53	56						
	3. opakování	0	0	54	58						
	4. opakování	0	0	51	54						

Graf č.1: Délka životního cyklu jednotlivých druhů žížal

Zdroj: EDWARDS C.A. (2004): Earthworm ecology, Vydavatel: CRC Press 2004, str. 441 ISBN 08-493-1819-X



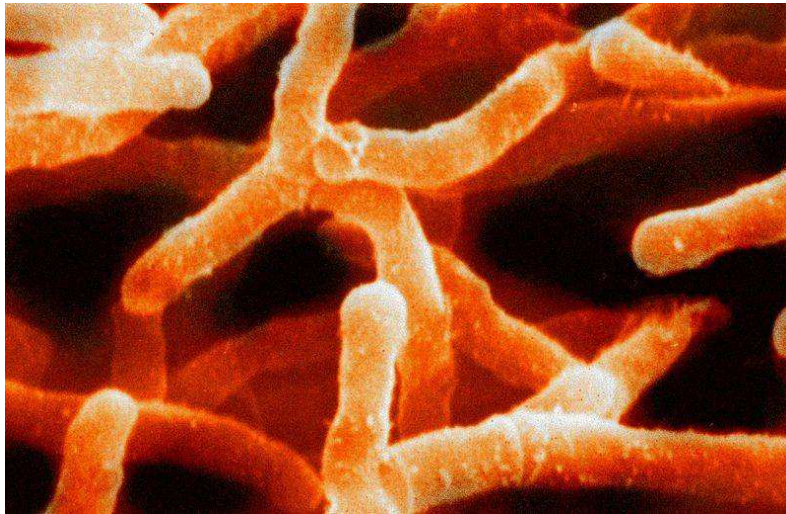
Obr.č.1: Kompostování v uzavřených prostorách

Zdroj: EAGLE VALLEY FARM (2008): Towards and Healthy Future, Eagle valley farm [on-line], [cit.: 4.2.2009], Dostupné na WWW: <http://eaglevalleyfarm.com/pdf%20files/presentation%20of%20the%20farm.pdf>



Obr.č.2: Aktinomycety ve fázi přeměny biologického odpadu

Zdroj: WIKIPEDIE (2009): Aktinobakterie [on-line], Wikipedie [cit.: 1.2.2009],
Dostupné na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Aktinobakterie>



Obr.č.3: Příklad kultivační hromady

Zdroj: CHOVATELKA (2004-2008): Kompost tvořený žížalami, Chovatelka [on-line],
[cit.: 4.2.2009], Dostupné na WWW: www.chovatelka.cz/chovatelka/images/1/1/261



Obr.č.4: Příklad jak by mohl vypadat Wedge systém

Zdroj: ČTK-Česká tisková kancelář (2008): Vláda schválila zákon o ochraně zemědělské půdy [on-line], [cit.: 4.2.2009], Dostupné na WWW: www.financninoviny.cz/tema



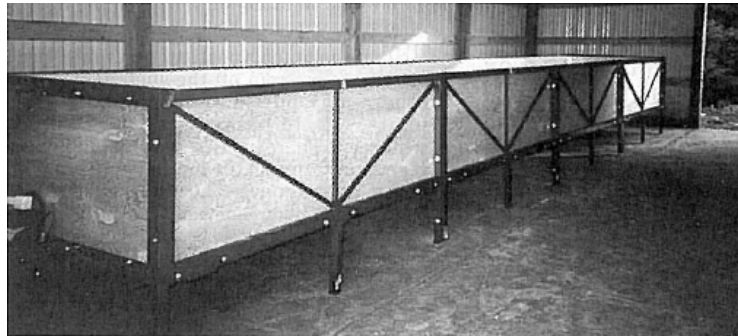
Obr.č.5: Vermikompostér vhodný pro domácí použití

Zdroj: HOMELY CAPERS (2008): Compost worms [on-line], Homely capers [cit.: 4.2.2009], Dostupné na WWW: <http://www.homelycapers.com/compost-worms/>

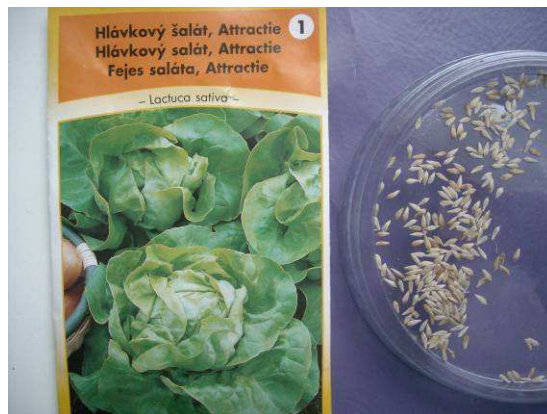


Obr.č.6: Vermikompostovací reaktor

Zdroj: SHERMAN, R. (2001): Vermicomposting Systems Overview (Přehled systémů vermikompostování), BioCycle, 43, 2002, č. 12, s. 53-54.



Obr.č.7: Hlávkový salát (*Lactuca sativa*) použitý při pokusu klíčivosti semen



Obr.č.8: Hlávkový salát – Česáček „Dubáček“ (*Lactuca sativa var. crispata*) použitý při pokusu klíčivosti semen



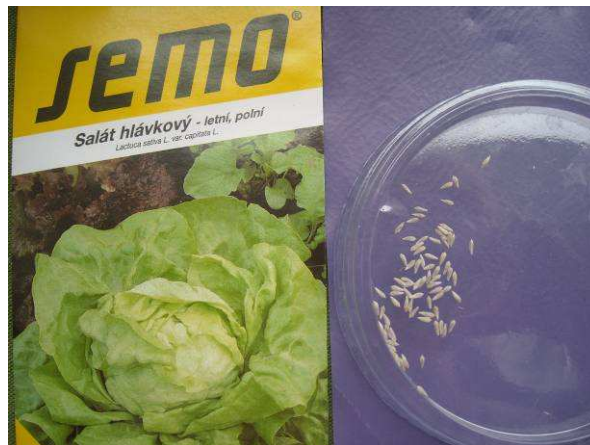
Obr.č.9: Salát listový „Lollo Bionda“ (*Lactuca sativa* var.*crispa*) použitý při pokusu klíčivosti semen



Obr.č.10: Salát římský (*Lactuca sativa* L.) použitý při pokusu klíčivosti semen



Obr.č.11: Hlávkový salát – letní, polní (*Lactuca sativa L. var.capitata L.*) použitý při pokusu klíčivosti semen



Obr.č.12: Hlávkový salát – polní „ledový“ (*Lactuca sativa L. var.capitata L.*) použitý při pokusu klíčivosti semen



Obr.č.13: Řeřicha zahradní (*Lepidium sativum*) použitá při pokusu růstu plodin na znečištěné půdě



Obr.č.14: Zemina pro květiny použitá při pokusu růstu Řeřichy zahradní



Obr.č.15: Klimabox používaný při zkoušce dynamiky klíčivosti semen Hlávkového salátu

