MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

AGRONOMICKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017 **LUCIE DVOŘÁČKOVÁ**

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin

Vliv vermikompostu na vybrané vlastnosti půdy a rostlin

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Dr. Ing. Vítězslav Hybler

Vypracovala:

Lucie Dvořáčková

Brno 2017

Prohlašuji, že jsem práci: *Vliv vermikompostu na vybrané vlastnosti půdy a rostlin* vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb.,o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.*

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

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

V Brně dne: ……..

……..

podpis

Poděkování

Dovoluji si poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Dr. Ing. Vítězslavu Hyblerovi za profesionální vedení při práci, za jeho ochotu, cenné rady, připomínky, komentáře, za trpělivost a veškerý čas, který věnoval společným konzultacím a za metodické pokyny.

Dále bych chtěla poděkovat za poskytnutí prostor ve školním skleníku Mendelovy univerzity. Výstupy a výsledky této bakalářské práce byly zpracovány pomocí vybavení financovaného z projektu OP VaVpI CZ.1.05/4.1.00/04.0135 „Výukové a výzkumné kapacity pro biotechnologické obory a rozšíření infrastruktury“.

A nezbytné poděkování patří panu Milanu Vintrovi za jeho cenné rady, tipy a postřehy v souvislosti s praktickým používáním vermikompostu, které získal při mnohaletém používání, a společnosti VERMI marketing, s. r. o., za poskytnutí potřebného množství organického BIO hnojiva typu VERMI green, které bylo nedílnou součástí mé bakalářské práce.

ABSTRAKT:

Půda je základním zdrojem veškerého života na Zemi. V budoucnosti bude stále důležitějším přírodním zdrojem. Půda je degradována, ubývá organické hmoty. Abychom udrželi kvalitní vlastnosti půdy, je potřeba pravidelná dávka kvalitního humusu, který je základním faktorem půdní úrodnosti. Jedním ze způsobů zpracování biologicky rozložitelných odpadů je tzv. vermikompostování, kdy se k výrobě kompostu využívají žížaly.

Cílem bakalářské práce bylo rozšířit vermikompostování do povědomí lidí, vysvětlit rozdíly mezi kompostováním a vermikompostováním. A následně založit pokus a podle jeho výsledků posoudit vybrané fyzikální a chemické vlastnosti zeminy a vermikompostu a jejich následných kombinací. Tento pokus měl určit, které prostředí bude pro rostliny nejoptimálnější a poskytne jim nejlepší podmínky pro svůj růst a vegetaci.

Klíčová slova: půda, ekologické zemědělství, kompostování, vermikompostování, biologicky rozložitelný odpad

ABSTRACT:

Soil is a fundamental source of terrestrial life. It will be more and more important source in the future. The soil is degradated, an organic matter is decreasing. The regular measure of quality humus, which is the basic factor of soil fertility is necessary for keeping quality properties of soil. One of the means of processing of biologically dissoluble wastes is the process of vermicomposting, when are earthworms used for the produce.

The aim of this bachelor thesis was to broad the information about vermicomposting to the society, explain the diferences between composting and vermicomposting. Then is necessary to establish an experiment which has an important role in a comparising of selected physical and also chemical properties of soil and vermicompost and their consecutive combination. This experiment had to choose which of these enviroments would be more optimal for the plants and could provide them the best conditions for their growth and vegetation.

Key words: Soil, Organic Agriculture, Composting, Vermikomposting, Biologically Degradable Waste

OBSAH

1. ÚVOD 7
2. CÍL PRÁCE 8
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED 9
3.1. Půda 9
3.1.1. Základní vlastnosti půdy 9
3.1.2. Funkce půdy 12
3.1.3. Půdní druhy podle zrnitostního složení 12
3.2. Význam kompostování 13
3.2.1. Vlastnosti surovin pro kompostování 16
3.2.2. Pozitivní vlivy kompostování 16
3.3. Vermikompostování 18
3.3.1. Historie a základní principy vermikompostování 19
3.3.2. Výhody vermikompostování 21
3.3.3. Systémy vermikompostování 22
3.3.4. Výroba vermikompostu 24
3.3.5. Proces vermikompostování 25
3.3.6. Vlastnosti vermikompostu 27
3.3.7. Kritéria zralosti kompostu a vermikompostu 28
4. METODIKA POKUSU 29
4.1. Provedení 29
4.2. Vyhodnocení: 31
5. VÝSLEDKY 33
6. 6. ZÁVĚR 43
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 46
8. PŘÍLOHY 52

1. ÚVOD

Kamkoliv se na světě podíváme, všude najdeme půdu. Můžeme říci, že půda patří mezi nejcennější bohatství přírody. Je důležitou zásobárnou látek a zajišťuje jejich koloběh, dodává rostlinám potřebné živiny, vodu a je nezbytná pro funkci všech přírodních ekosystémů. Existují různé typy půd a v každém typu půdy se daří jiným rostlinám, potřebují jiné složení daných látek. Jeden ze základních faktorů půdní úrodnosti je množství, ale především kvalita humusových látek obsažených v půdě.

„Půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů, je srdcem terestrických ekosystémů včetně agroekosystémů a pochopení tohoto složitého systému je klíčem ke správnému využívání krajiny s minimalizováním negativních vlivů na prostředí. V půdoznaleckém pojetí je půda oživená zemitá povrchová vrstva, která slouží jako stanoviště rostlin nebo se dá k tomuto účelu přizpůsobit.“ (Pokorný, 2003)

„Půda, základ zemědělství, má prvořadý význam při zajištění výživy lidí. Fyzikální vlastnosti půdy se velkou měrou podílí na jejím příznivém stavu pro růst rostlin a optimální funkci edafonu, ovlivňují úrodnost půdy svou strukturou, provzdušeností či objemovou hmotností.“ (Šarapatka, Niggli, 2008).

„Půda je nejsvrchovanější vrstvou zemské kůry (pedosféry), je prostoupená vodou, vzduchem a organismy, vzniká v procesu pedogeneze pod vlivem vnějších faktorů a času a je produktem přeměn minerálních a organických látek. Je morfologicky organizovaná a poskytuje životní prostředí rostlinám, živočichům a člověku. Půda je předmětem studia pedologie.“ (http://cs.wikipedia.org).

„Půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů a má klíčovou úlohu v zemědělství.“ (Pokorný, 2007).

2. CÍL PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši o významu vermikompostování, dostat jej pokud možno do hlubšího povědomí populace, seznámit ji s rozdíly mezi samotným kompostováním a vermikompostováním. Dále provést srovnávací pokus s osivem řeřichy zahradní – dánské (*Lepidum sativum L.*) do zeminy z běžné zahrady a vermikompostu zpracovaného žížalami a jejich následných kombinací. Cílem tohoto pokusu je určit, ve kterém prostředí se bude rostlinám dařit lépe a ve kterém prostředí budou mít optimálnější podmínky a vlastnosti substrátu pro růst. Cíleně se zhodnotí pozitiva a negativa jednotlivých variant substrátů. Hodnocení je provedeno na základě zjištěných výsledků po provedení půdních rozborů po sklizni.

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1. Půda

„Půda, voda a vzduch tvoří tři základní přírodní zdroje, na kterých závisí život.“ (Šarapatka a kol., 2002). „Půdou nazýváme svrchní vrstvu zemského povrchu, která vzniká rozpadem podložní horniny působením biologických, chemických a fyzikálních jevů“ (Forman, Gordon, 1993). „Půda je důležitou složkou životního prostředí, v němž má nezastupitelný význam. Nejpodstatnější význam půdy spočívá v tom, že je základním výrobním prostředkem, neboť je podmínkou pěstování kulturních a užitkových rostlin. Je ovšem také podmínkou života veškeré vegetace, která má pro člověka význam jako zdroj potravy, surovin či jako faktor ovlivňující místní klima a krajinu“ (Císař et al., 1977), půda je také stanovištěm našich sídlišť a výrobních pracovišť, umožňuje život suchozemských rostlinných a živočišných společenstev.“ (Jůva et al., 1977). Dle definice OSN je: „Půda omezený a nenahraditelný přírodní zdroj; v případě postupující degradace a její ztráty se stává tento zdroj v mnoha částech světa hranicí dalšího rozvoje lidské společnosti. Jestliže by půda přestala existovat, přestane existovat i biosféra. To bude mít pro lidstvo ničivé následky“ (Císař et al., 1987). „Půda je označována za neobnovitelnou v dimenzích lidského života, tvoří se velmi pomalu, asi 100-400 let je třeba na vytvoření jednoho centimetru půdy.“ (Šarapatka et al., 2000). „Půdu je proto nutno chránit před jakýmkoliv poškozováním a pečovat o její nejlepší stav pro udržení produkční schopnosti. Jednou ze základních a velmi nebezpečných příčin poškozování půdy je eroze.“ (Jůva et al., 1977)

3.1.1. Základní vlastnosti půdy

3.1.1.1. Základní fyzikální vlastnosti půdy

„Fyzikální vlastnosti půdy představují soubor vlastností, které vyplývají ze vzájemných vztahů mezi pevnou, kapalnou (půdním roztokem) a plynnou (vzduchem v půdě) složkou půdy. Jsou určovány především strukturou, pórovitostí, zrnitostí, barvou a obsahem vody a vzduchu. Podle toho pak rozlišujeme půdní druhy a typy.“ (Jandák a kol., 1989)

Struktura půdy je dána zejména velikostí a tvarem půdních částic, tedy drobných kamínků, hrudek a prachu a volnými prostory mezi nimi (tzv. póry). Celkový objem pórů, jejich tvar, velikost a rozmístění určuje pórovitost půdy. Půdní póry jsou vyplněny vodou nebo vzduchem a ovlivňují půdotvorné procesy.

Půdní zrnitost (textura) je základní fyzikální vlastností půdy a je ovlivňována zastoupením frakcí v půdě. Frakce je soubor půdních částic (zrn), které mohou mít různou velikost a ovlivňují tak pevnou minerální složku půdy. Podle zastoupení frakcí můžeme půdu zařadit do určitého půdního druhu. Jinou strukturu má půda písčitá, která dobře propouští vodu a jinou má půda jílovitá, která vodu zadržuje.

Barva půdy je ovlivněna přítomností barvitých součástí, mezi něž patří sloučeniny železa (Fe) (zbarvují půdu žlutě, hnědě nebo červeně), sloučeniny manganu (Mn) (zbarvují půdu hnědočerveně až nafialověle), uhličitan vápenatý a kaolinit (zbarvují půdu bělavě, šedavě nebo žlutavě), křemen a jíl (neurčité světlé zbarvené) a humus (zbarven hnědavě nebo černě).

Voda v půdě – zásoba vody v půdě závisí na srážkách a výšce hladiny podzemní vody. Důležitá je vlastnost půdy zadržovat vodu, jež závisí především na textuře a struktuře půdy. Obsah vody v půdě ovlivňuje růst rostlin.

Vzduch v půdě – atmosferický vzduch – se dostává do půdy, kde může být jeho složení pozměněno (např. se zvýší obsah oxidu uhličitého CO_2). Provzdušněnost půdy ovlivňuje řadu reakcí v půdě, např. mikrobiální rozklad organických zbytků i půdních vlastností. Na provzdušnění či prokypření půdy se podílí i řada živočichů, např. žížaly.

Fyzikální vlastnosti půdy mají vliv na úrodnost, ale také např. na náchylnost k erozi, utužení. (Šarapatka, 1996)

3.1.1.2. Základní chemické vlastnosti půdy

„Chemické vlastnosti půdy zahrnují chemické složení půd a fyzikálně chemické a chemické procesy probíhající v půdě. Složky půdy se z pohledu chemického dělí na minerální a organické látky. Zdrojem minerálních látek je horní část litosféry, která podléhá zvětrávání a ve které pomocí půdotvorných procesů vzniká půda. Organickou složku půdy tvoří půdní

organismy (edafon). Mezi základní chemické vlastnosti půd patří obsah humusu, půdní reakce a obsah prvků v půdě.

Některé půdní vlastnosti lze stanovit přímo v terénu (např. barva), další se stanovují laboratorně (např. pH – tedy kyselost a zásaditost půdy).“ (Kopecký, 1928)

Kyselost půdy – půdní reakce

„Základní chemickou vlastností půdy je půdní reakce, která označuje kyselost půdy. Má vliv na půdotvorné procesy a přeměny organické hmoty v půdě, na růst rostlin, na přítomnost půdních organismů a další půdní vlastnosti. Je závislá na výskytu volně se vyskytujících/rozložených iontů vodíku (H_2), příp. hliníku (Al) nebo železa (Fe) v půdním roztoku. Označuje se symbolem pH a číslem, které má hodnotu od 0 do 14. Čím je koncentrace vodíkových iontů vyšší, tím je půda kyselejší a pH nižší. Půdy s hodnotou pH do 6,5 označujeme jako kyselé, pH 6,6–7,2 jako neutrální a pH 7,3 a vyšší jako alkalické. Jak u zemědělské půdy, tak zejména u lesní půdy převládá u našich půd reakce kyselá. Kyselé půdy jsou méně úrodné a méně osídlené půdními organismy i rostlinami. Kyselost půdy závisí kromě několika dalších faktorů především na typu a chemickém složení matečné horniny, na které se půda vyvinula. Například na vyvřelinách, jako je žula, vznikají půdy kyselé. Naopak na vápencích se zpravidla vyvíjí půdy zásadité. Půda vhodná pro zemědělskou produkci má hodnotu pH od 4 do 8,5. Většina rostlin nemůže žít na půdách s reakcí pH< 3,5.

Okyselování půdy může být zesilováno lidskou činností, např. následkem znečištěného ovzduší. Kyselou reakci můžeme upravovat vápněním.“ (http://vitejtenazemi.cz)

Zrnitost

„Půdu můžeme popsat jako nestejnorodou heterogenní směs, která se skládá z různých pevných látek minerální i organické povahy. Tyto látky se liší původem, složením, ale především rozměry. Zastoupení jednotlivých velikostních kategorií zásadně ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půd. Směs částic různých tvarů vzniká rozličnými půdotvornými procesy a to především zvětráváním. Tuto směs můžeme nazvat soustavou disperzní. Disperzní systém půdy je značně složitý, obsahuje nejen minerální součásti pevné, kapalné a plynné, ale i složky organické (humus) a živé organismy. Disperzní systém můžeme jednoduše popsat jako směs dvou a více fází, od sebe oddělitelných, ale ve stavu vzájemné disperze (rozptýlení). Půda se skládá z fáze pevné, kapalné a plynné, je tedy disperzním systémem třífázovým.“ (Háslbach, Vaculík, 1972)

„Význam zrnitosti půdy jako analytické charakteristiky a morfologického znaku vyplývá z jejího vlivu na téměř všechny ostatní půdní vlastnosti. Ovlivňuje poměr vody a vzduchu v půdě, poměr kapilárních a nekapilárních pórů, obsah i složení edafonu, velikost povrchové plochy a energie, adhezi a kohezi, chemické, fyzikálně-chemické i biochemické procesy v půdách. Zrnitostní složení půd ovlivňuje zvětratelnost půdotvorného substrátu a minerální části pevné půdy.“ (Jandák, Prax, Pokorný, 2001)

3.1.2. Funkce půdy

Půda je nezastupitelná v plnění následujících funkcí:

- Půda je základním článkem potravního řetězce a současně substrátem pro růst rostlin.
- Půda je bezesporu nejcennější přírodní bohatství. Je přirozenou součástí národního bohatství každého státu.
- Půda je životně důležitou zásobárnou vody pro suchozemské rostliny a mikroorganismy a je filtračním čistícím prostředím, přes které voda prochází.
- Mikroorganismy žijící v půdě jsou obrovskou a nedoceněnou zásobárnou genetické informace a umožňují průběh důležitých procesů v ekosystémech.
- Půdní organická hmota je hlavní suchozemskou zásobárnou uhlíku, dusíku, fosforu a síry a bilance a přístupnost těchto prvků je neustále ovlivňována mikrobiální mineralizací a imobilizací.
- Půda hraje zcela zásadní a nezastupitelnou roli ve stabilit ekosystémů a v ovlivňování bilancí látek a energií. Působí jako environmentální pufrační medium, jež mimo jiné zadržuje, degraduje, ale za určitých podmínek i uvolňuje potenciálně rizikové látky.
- Z půdy pochází mnoho základních složek stavebních materiálů a surovin. Současně půda poskytuje prostor pro umisťování staveb a pro aktivity člověka.
- Půda je prostředím, v němž probíhá archeologický a paleontologický výzkum.

(www.ceu.cz/půda/default.htm)

3.1.3. Půdní druhy podle zrnitostního složení

Podle zrnitostního složení třídíme částice čili frakce na:

- písek – částice písku mohou být tvořeny křemenem a úlomky křemičitanových hornin a živců. Písčitá složka půdy zajišťuje dobrou propustnost půdy, voda se mezi částicemi rychle vsákne. Při vysokém obsahu písku jsou půdy dobře propustné a provzdušněné, za sucha ale rychle vysychají. Písčité půdy jsou osídleny druhy, jako např. borovicemi, které snášejí vysychání půdy, jsou tedy poměrné chudé.
- prach – je tvořen částicemi střední velikosti mezi písčitými a jílovitými částicemi. Prachové částice, které se nacházejí hlavně v půdách vytvořených na spraščích zajišťují dobré fyzikální vlastnosti a optimální poměr mezi obsahem vody a vzduchu v půdě. Z toho důvodu jsou tyto půdy hojně osídleny vegetací a živočichy.
- jíl – jedná se o malé částice. Jíl negativně ovlivňuje pórovitost půdy, vodní a vzdušný režim, obsah živin i živou složku půdy. Jílovité půdy jsou pro většinu vegetace příliš vlhké, nepropustné a málo vzdušné. (http://vitejtenazemi.cz)

Tab. 1: Rozdělení půdy podle procenta obsahu částic menších než 0,01 mm

Písčité	0-10 % částic menších než 0,01 mm (půdy lehké)
Hlinitopísčité	10-20 % částic menších než 0,01 mm (půdy lehké)
Písčitohlinité	20-30 % částic menších než 0,01 mm (půdy střední)
Hlinité	30-45 % částic menších než 0,01 mm (půdy střední)
Jílovohlinité	45-60 % částic menších než 0,01 mm (půdy těžké)
Jílovité	60-75 % částic menších než 0,01 mm (půdy těžké)
Jíl	> 75% částic menších než 0,01 mm (půdy těžké)

3.2. Význam kompostování

„Velké množství organických zbytků se často nerozvážně ničí, ačkoliv by mohly jako kompost podporovat úrodnost půdy. Omezený prostor na skládkách je přeplněn látkami, které tam mnohdy nepatří. Proto by se měla tvorba odpadů omezit a tak přispět k ochraně životního prostředí.

Půda není mrtvou horninou, nýbrž živým systémem z minerálních látek a humusu. Humus je základem přirozené úrodnosti půdy. Živiny vázané na humusové částice se nevyplavují vodou a jsou dobře přístupné rostlinám v době, kdy je právě potřebují. Živiny obsažené v odumřelých částech rostlin jsou takto činností půdních organismů zachycovány a předávány opět rostlinám. Organické rozložitelné odpady neobsahují žádné látky přirozeně nezpracovatelné a životnímu prostředí cizí. Nejlacinější a nejvýhodnější cestou hospodaření s těmito odpady je právě kompost. Z ekologického hlediska kompostování představuje přirozený způsob likvidace odpadů a přírodě uzavírá energetický koloběh doplněním humusu do půdy“ (Kalina, 1999).

„Pod pojmem kompostování se rozumí způsob využívání biologicky rozložitelných odpadů (dále jen bioodpad), kterým se za kontrolovaných podmínek aerobních procesů (za přístupu vzduchu) a činností mikroorganismů přeměňuje bioodpad na kompost. Bioodpad zde tedy hraje zásadní roli a v tomto kontextu ho lze již považovat za cennou surovinu, nikoliv za odpad. Kompostování je proces, který má mnoho výhod jak z úhlu ekonomického, tak i z pohledu ochrany životního prostředí, Dochází zde ke snižování množství odpadu doposud převážně ukládaného na skládkách komunálních odpadů. Kompostování mimo jiné přispívá i k odpovědi na dnes již klasický dotaz „Kam s ním?“ Kompostování organických odpadů je proces, při kterém je zajišťován zpětný přísun organické hmoty a rostlinných živin do přírodního koloběhu“ (Plíva et al., 2016).

„Jednou z hlavních výhod kompostování je výroba kvalitní organické hmoty, která obsahuje středně humifikované humusové látky, získané mimo půdní prostředí. Zapravením kompostu se do půdy dodá stabilizovaná primární organická hmota, která zaručuje rozvoj mikroorganismů a makroedafonu, je zdrojem energie pro mikroorganismy. Organická hmota kompostu podléhá v půdě mineralizaci, při níž je produkován oxid uhličitý a minerální látky, jež jsou zdrojem živin pro mikroorganismy i rostliny. Humifikované humusové látky kompostu jsou zdrojem (prekurzory humusy) pro transformační proces humifikace v půdě, kdy vznikají humusové kyseliny (huminové kyseliny a fulvokyseliny). Humus a jeho kyseliny jsou důležité pro vytváření optimální drobovité struktury potřebné kyprosti půdy, jejímž důsledkem je její příznivý vodní, vzdušný a tepelný režim“ (Kalina, 1999).

„Komposty jsou významným zdrojem pro doplnění primární organické hmoty do půdy, která rozhodujícím způsobem ovlivňuje její fyzikální, chemické a zejména biologické vlastnosti. Kompost je vzhledem k vysokému obsahu stabilizovaných organických látek pro půdu daleko hodnotnější než samotný chlévský hnůj. Na rozdíl od chlévského hnoje

nedochází u dobře vyzrálého kompostu ke ztrátám živin“ (Plíva, Banout, Habart, Jelínek, Kollárová, Roy a Tomanová, 2006). „Vedle produkce organické hmoty a živin má kompostování i řadu dalších výhod. V technologii kompostování lze zpracovávat všechny netoxické odpady organického původu. Aplikace kompostu do půdy je jedním z prostředků, jak se úspěšně bránit půdní erozi. Erozí dochází k odnosu svrchní nejúrodnější části půdy a zároveň i k zanášení vodotečí a někdy i k přímým škodám při vniknutí vody a bahna na obydlená území. Aplikací kompostu do půdy lze předcházet i dalšímu negativnímu jevu, kterým je snižující se infiltrační schopnost půdy. Nízká infiltrační schopnost má za následek malý průnik vody do hlubších profilů, čímž dochází ke stálému snižování zásob podzemní vody“ (Zemánek, Burg, Kollárová, Marešová a Plíva, 2010).

„Kromě výše uvedených pozitivních účinků vlivu kompostu na vlastnosti půdy je kompost především organické hnojivo, které při splnění legislativních podmínek může být schváleno pro použití v ekologickém zemědělství. Pravidelné, systémové zařazování kompostu jako organického hnojiva, zvyšuje mikrobiální biomasu v půdě a stimuluje aktivitu enzymů, což vede ke zvýšené mineralizaci organické hmoty a zvýšené odolnosti rostlin proti škůdcům a chorobám. Dalším pozitivním jevem procesu kompostování je, že tato technologie využívá výhradně obnovitelné zdroje k výrobě produktu, který je bezezbytku využitelný k zemědělské produkci, a to při použití minimálního množství vstupů neobnovitelných zdrojů (především pohonných hmot u strojů v lince na výrobu kompostu). Bez nadsázky lze potvrdit, že kompostováním vzniká nejen vysoce kvalitní organické hnojivo s mnoha kladnými vlastnostmi, ale jedná se také o proces, který je maximálně šetrný k životnímu prostředí a má i řadu pozitivních účinků“ (Plíva a kol. 2016).

„Smyslem kompostování je vytvořit látky podobné půdnímu humusu a získat rostlinné živiny v pomalu uvolňovaných formách v půdě v rytmu růstu rostlin.

Značný význam má kompostování v koloběhu energií v přírodě. Člověk degraduje suroviny na odpad a dostává je do málo využitelných forem. Tímto vyvolává sekundární a dnes nemalý tok hmoty a energie. Na rozdíl od přirozených primárních toků jsou tyto sekundární vyvolány antropogenními faktory a pro přírodu již nevratné.

Tento jev lze aplikovat na příkladu dnešního intenzivního zemědělství. Při tomto způsobu hospodaření je půda ochuzována o humus, který má ve zdravé půdě nezastupitelný význam. Tento deficit jen stěží nahradí některé z umělých hnojiv. Optimální obsah humusu je 5%, přičemž dnes se běžně hospodaří na půdách s 1%“ (Groda a kol., 1995).

3.2.1. Vlastnosti surovin pro kompostování

„Suroviny využívané pro kompostování jsou vlastně vstupní složkou, která prochází technologickým procesem přeměny na výsledný produkt (kompost). Suroviny, které jsou kompostovány, lze z pohledu provozovatelů kompostérem rozdělit do dvou hlavních skupin“ (Váňa, 1994).

„První skupinu tvoří odpady, které je nutné odstranit a přetransformovat do podoby surovin vhodných pro další využití. Tuto skupinu tvoří zejména biologicky rozložitelné odpady. Technologie kompostování není vhodná pouze ke zpracování bioodpadů, ale je možné ji využít i ke zpracování dalších surovin. Výhody kompostovacího procesu, mezi které patří např. hygienizace, homogenizace, transformace prvků do formy vhodnější pro životní prostředí, snížení klíčivosti semen plevelů apod., lze využít i při zpracování celé řady dalších materiálů. V oblasti zemědělské výroby se jedná zejména o zbytkové suroviny vznikající při sklizni a posklizňových úpravách plodin nebo v poslední době intenzivně produkované separáty z oblasti živočišné výroby a bioplynových stanic. Další suroviny, které lze s výhodou kompostováním zpracovat, jsou produkty vznikající při údržbě krajiny, na komunální úrovni, v potravinářství, při zpracování technických plodin apod.“ (Plíva, 2014).

„Do druhé skupiny lze zařadit suroviny, které jsou naopak provozovateli kompostáren vyhledávané jako vhodné pro vylepšení průběhu kompostovacího procesu a ovlivnění vlastností finálního produktu. Tuto skupinu tvoří zejména celá řada posklizňových surovin ze zemědělské výroby, např. sláma a další vedlejší produkty na bázi fytomasy. Z hlediska kvality průběhu kompostovacího procesu jsou velmi významné suroviny na bázi dřevní hmoty. Ty mají svůj původ nejčastěji při údržbě dřevin, v lesním hospodářství a v dřevozpracujícím průmyslu. Zajímavou surovinou z hlediska úpravy vlastností kompostů je i využití popelu vzniklého při spalování rostlinné biomasy“ (Váňa, 1994).

3.2.2. Pozitivní vlivy kompostování

„Kompostování při všech svých pozitivních vlastnostech musí být stále ekonomicky efektivní. Cíle efektivního zpracování bioodpadu lze shrnout do následujících bodů:

- Náklady na výrobu kompostu by měly být srovnatelné s cenou živin v minerálních hnojivech s tím, že ostatní přínosy kompostu jsou promítnuty do snížení nákladů na obdělávání půdy, stabilní a zdravou produkci potravin, včetně enviromentálnícho přínosu zvýšeného zadržení vody v krajině.
- Náklady a systém třídění, sběru a zpracování bioodpadu by měly být nižší než při stávajícím systému nakládání se směsným komunálním odpadem.
- Využití kompostu v zemědělství by mělo být jedním ze systémových opatření k ochraně půdy, snížení nákladů výroby a zdravé produkce potravin.“

  (Váňa, 2004)

Na základě výše jmenovaných skutečností lze shrnout přínosy po aplikaci kompostu do půdy následovně:

1) Přínosy pro udržení a obnovu kvality půdy
    - dlouhodobé zlepšení struktury půdy
    - lepší zpracovatelnost půdy (při zpracování neutužené, dobře strukturované půdy klesá spotřeba nafty)
    - zvýšení množství organické hmoty v půdě
    - úprava kyselosti (aplikace kompostu zvyšuje hodnotu pH půdy a může nahradit standardní vápnění půdy)
2) Přínosy pro zvýšení půdní úrodnosti
    - výnosová stabilita produkce plodin podle půdně- klimatických podmínek
    - dodání živin (náhrada průmyslových hnojiv)
    - snížení rizika výskytu chorob a škůdců rostlin (oživení půdy)
3) Přínosy pro udržení pozitivního vlivu na ochranu životního prostředí:
    - zabudování uhlíku do půdy
    - ochrana vod proti eutrofizaci (snížení vyplavování živin do podzemních a povrchových vod)
    - zlepšení retence a snížení infiltrace (ochrana před suchem a erozí)

    (Plíva a kol. 2016)

3.3. Vermikompostování

„Kompostování s využitím žížal (vermikompostování) je považováno za nejpokročilejší metodu kompostování. Vermikompostování je bio-oxidační a stabilizační proces přeměny organických materiálů, který na rozdíl od klasického kompostování, využívá interakce mezi intenzivní činností žížal a mikroorganismů a nezahrnuje termofilní fázi rozkladu“ (Dominguéz a Edwards, 2011). „Jedná se o specifickou technologii výroby kompostů při využití červenavého hybrida žížal *Eisenia foetida*, který se vyznačuje vysokou produktivností a plodností. Princip výroby kompostu, v tomto případě tzv. biohumusu, je založen na schopnosti žížal přeměňovat v trávícím traktu přijaté organické látky, z nichž 40% využívají pro svůj vlastní metabolismus a 60% pro tvorbu biohumusu. Pro kalifornského hybrida je nutno zabezpečit optimální teplotu prostředí 20°C a vlhkost 80%. Reakci prostředí vyžadují neutrální, úhyn bývá zaznamenán při hodnotě pH nižší než 6 a vyšší než 8. Žížaly se nejvíce pohybují ve vrstvách substrátu s dostatkem kyslíku. Substrát nesmí obsahovat zvýšené množství čpavku a bílkovin (obsah proteinu nad 45% způsobuje úhyn žížal). Žížaly nesnášejí přímé sluneční světlo, silnější vítr a již velmi nízké koncentrace pesticidů.

Nejvhodnějším materiálem a zároveň krmivem pro žížaly je předkompostovaný substrát z hnoje, kejdy, slámy, pilin, drcené kůry, různých rostlinných zbytků a jiných materiálů s poměrem C:N 20-30:1. Biohumus vyrobený pomocí žížal je považován za nejúčinnější organické hnojivo. Nejcennější jsou nejjemnější frakce humusu (do 1mm), které mají 60-70x vyšší účinnost než chlévský hnůj“ (http://www.af.mendelu.cz/).

„Kvůli poklesu obsahu organické hmoty v půdě a s tím souvisejícími negativy (např. erozí – Hladík, 2009) je nezbytné v maximální míře využívat všechny vhodné druhy bioodpadů a vyrábět z nich co nejkvalitnější hnojivo. Vermikompost má ve srovnání s klasickým kompostem výrazně lepší vlastnosti. Je bohatý na živiny, ale také obsahuje vysoce kvalitní humus, růstové hormony, enzymy a látky, které jsou schopné chránit rostliny před škůdci a chorobami. Dále zvyšuje nutriční hodnotu produktů a omezuje vstup cizorodých látek do rostlin. Hnojení vermikompostem tedy šetří producentům plodin peníze za průmyslová hnojiva a pesticidy“ (Sinha et al., 2010).

„Překopávání, fragmentaci a aeraci zabezpečují z větší míry žížaly, čímž se dá vermikompostování zařadit mezi nízkonákladové systémy zpracování odpadů“ (Hand et al., 1988). Technologie je plně přátelská k životnímu prostředí.

„Další možností využití vermikompostu je jeho použití jako absorbentu i imobilizaci těžkých kovů v půdě nebo v jiných materiálech, k odstranění kovových iontů z odpadních vod nebo jako náplň do filtrů k filtraci vzduchu – např. možno použít i na bioplynových stanicích“ (Mikeš, 2008). „Vermikompostování lže vyžít i za účelem rozkladu organických polutantů“ (Contreras-Ramos et al., 2008). „Ověřuje se použitím vermifiltrace k odstranění znečištění při produkci kejdy“ (Li et al., 2008).

Pokud hodnotíme technologii vermikompostování z hlediska ochrany životního prostředí a likvidace odpadu, konstatujeme, že zabezpečuje následující změny:

a) Mění nepříznivé vlastnosti odpadů, které jsou zdrojem chemického a biologického znečištění životního prostředí (zápach, hnilobné procesy, líhnutí hmyzu a choroboplodných zárodků)
b) Snižuje objem odpadu a jeho vlhkost
c) Zlepšuje strukturu a manipulovatelnost substrátu
d) Nezanechává žádné zbytky, které znečišťují prostředí

Z hlediska využitých produktů, vznikajících při vermikompostování získáme:

a) Vermikompost – produkt velmi cenný z hlediska výživy rostlin, vhodný pro hnojením přípravu speciálních zahradnických substrátů
b) Žížaly – použitelné při dalším zakládání kompostů, které mohou být předmětem prodeje pro malo- i velkospotřebitele
c) Žížaly jako živou potravu pro exotické ptactvo, terárioá zvířata i pro rybářskou výrobu, jako návnada pro sportovní rybáře
d) Moučku ze sušených žížal jako bílkovou potravu pro zvířata s vlastnostmi podobnými rybí moučce.

(Zajonc, 1990)

3.3.1. Historie a základní principy vermikompostování

„Lákavou alternativou termofilního kompostování je použití určitých epigejských (žijícího na půdním povrchu) druhů žížal k rozložení organického odpadu a jeho přeměnu ve vermikompost, který může být užitečný v zahradnictví a zemědělství pro zlepšení půdy

a také jako podestýlka pro rostlinná média. Žížaly jsou důležitým spojením v potravním řetězci mnoha bezobratlých i obratlých živočichů“ (Macdonald 1983).

„Není divu, že dříve lidé využívaly žížaly jako jídlo i jako návnadu při lovení a rybaření“ (Bouché, 1987). „Používání žížal z hnoje na krmení domestikovaných zvířat bylo dokumentováno již v osmnáctém století“ (Milocco 1782), a využití žížal v rybaření bylo projednáváno Izaakem Waltonem (1653). Charles Darwin (1881) prvně zaměřil pozornost na význam žížal v členění organického materiálu prostřednictvím jeho knihy.

„Nebylo tomu tak do dvacátého století v Kalifornii a ostatních částech Spojených států, kdy komerční produkce žížal, jakožto návnady na rybaření započala. Tyto velmi rozmanité komerční podniky využily nejvíce rentabilní materiály dostupné pro růst žížal, většinou se jednalo o živočišný odpad. Mnohem výhodnější přístup k vermikultuře byl navržen Oliverem (1937) a Barrettem (1942), kteří oba považovali, že některé epigeické druhy žížal, jakož i ty, které se krmí organickým odpadem, by mohly být použity zemědělci a pěstiteli s cílem zlepšit zemědělskou půdu a rostlinnou výrobu. Průmysl vermikultury se velmi rychle rozšířil a poměrně brzy začali prodávat žížaly a vermikompost prostřednictvím celé řady prodejen, bez ohledu na to, jak byly použity poté, co byly zakoupeny. Naneštěstí rozvíjejících se technologií, někteří podnikatelé představili techniku pyramidového prodeje, kde jejich zisky závisí na přilákání lidí ke koupi a k růstu žížal, které pak prodávají dalším potenciálním zájemcům pěstování žížal se značným ziskem pro podnikatele. Nevyhnutelně, tvrzení o mnoha z těchto podnikatelů byla často divoce přehnaná a brzy získala nesouhlas vědecké komunity, protože tato tvrzení směřovala k diskreditaci vermikultury jako vážné technologie“ (Bouché, 1987).

„Naštěstí, pro budoucnost technologií vermikultury, více základních studií a výzkumů potenciálu žížal pro zpracování organického odpadu započalo v Německu“ (Graff, 1974) a pokračovalo ve Spojených státech v pozdějších sedmdesátých letech s Hartensteinem a jeho spolupracovníky na Státní Univerzitě v New Yorku, kteří využili pro rozebrání pevných látek komunálních odpadních vod pomoc financovaného projektu US. Mezinárodní vědecké nadace (Hartenstein and Mitchell 1977). „Následně, zemědělský výzkum ve Spojeném království, který byl financován prostřednictvím UK. Zemědělskou výzkumnou radou“ (Edwards et al. 1985; Edwards 1988) v Rothamedské experimentální stanici, Harpenden, Herts, začal rozsáhlý výzkumný program na rozvoj ekonomických způsobů použití žížal k rozložení živočišného a rostlinného odpadu v prospěšný vermikompost a také k výrobě žížalího proteinu, který by byl prospěšný v rybářství a pro výrobu krmiv pro domestikovaná zvířata.

„Většina z organických odpadů produkovaných zemědělstvím, farmami a moderními průmyslovými technologiemi způsobují problémy se zápachem nebo mohou být výsledkem problému znečištění podzemních vod. Rané výzkumy v rámci programu Rothamed navrhl, že tyto problémy by mohly být zmírněny použitím žížal, zejména rodem *Eisenia foetida* a jiné epigeické druhy jako např. *Eisenia andrei, Dendrobaena veneta, Eudrilus eugeniae a Perionyx excavatus* k urychlení aerobního rozkladu organického odpadu, čímž minimalizují zápach a znečištění a produkují potenciální zisk z prodeje žížal a také vermikompostu pro použití jako živné médium pro rostlinu nebo půdní změny“ (Franz 1978; Edwards et al., 1985; Edwards, 1988). „Široká škála lidského, zvířecího a průmyslového odpadu byla použita jako základní materiál pro vermikompostování a výsledky vermikompostu byly uvedeny na trh ve velké míře do Spojených států, Kanady, Mexika, Itálie, Filipín, Indie, Austrálie a jinam.

Několik specifických druhů žížal bylo zkoumáno pro jejich potenciál ustálit organický odpad a produkci vermikompostu. Výzkum ukázal, že mnohé organické odpady mohou dodávat velké populace mikroorganismů, které jsou nutné pro růst a rozmnožování žížal rodu *Eisenia, Eudrilus, Dendrobaena, Perionyx a Pheretima“* (Harlenstein, Neuhauser, and Kaplan 1979; Kaplan et al. 1980; Edwards 2004).

„Brzké studie ve Spojených státech se zaměřily na užitečné žížaly pro stabilizování pevných odpadních látek získávaných z procesu čištění odpadních vod a využívaných zejména jako hnojivo. Brzy však vyšlo najevo, že čistírny odpadních vod, které často přijímají odpad z domácností i z průmyslových zdrojů mohou obsahovat jedovaté nečistoty. Tyto nečistoty by mohly mít vliv na růst žížal, jejich rozmnožování a přežití“ (Hartenstein, Neuhauser, and Collier 1980) a limity o používání kontaminovaných materiálů, např. pevných odpadních látek jakožto surovina ve vermikultuře byly posouzeny. Appelhof & Worden (1981) shrnul rozsáhlý výzkum o rozložení kanalizační biomasy ze strany žížal a celkový komerční potenciál.

3.3.2. Výhody vermikompostování

„Žížaly mohou rozkládat organické látky velmi rychle, což má za následek vznik stabilního, netoxického vermikompostu s lepší strukturou, mikrobiálním obsahem a lepším obsahem živin než v kompostu. Ty mají potenciálně vysokou ekonomickou hodnotu jako

půdní látky nebo média pro růst rostlin. Ačkoliv nejlepší konečné produkty a nejkratší doby zdržení se získají z technologicky vyspělých systémům nízkonákladové systému lze snadno přizpůsobit a řídit v malých zemědělských podnicích nebo na farmách. Vermikompost je jemně rozdělená hmota podobná rašelině s nízkým poměrem C:N, vynikající strukturou, pórovitostí, aerací, odvodněním a kapacitou zadržení vlhkosti. Dodává vhodnou rovnováhu minerálů, zlepšuje dostatek živin u rostlin a mnohdy působí jako komplex granulového zdroje živin“ (Zajonc, 1990).

3.3.3. Systémy vermikompostování

„Podobně jako je tomu u běžného kompostování, existuje i u vermikompostování několik základních typů technologických systémů, které se liší technologickým postupem, přičemž každý tento způsob vermikompostování nabízí ještě několik dalších variant postupů;

a) pro vermikompostování kuchyňských zbytků přímo v domácnostech se používají malé domácí vermikompostéry různého typu a konstrukce“ (Appelhof, 1997).
b) velkoprodukční vermikompostování bývá prováděno pomocí jednoduchých technologických systémů, kam lze zahrnout vermikompostování plošné či vermikompostování v ohraničeném prostoru, tzv. boxové vermikompostování anebo pomocí složitějších technologických systémů, kam patří např. vermireaktory s kontinuálním procesem, či kompostování v dvoumodulovém vermireaktoru“ (Edwards, 2011).

„Při využívání jakéhokoliv z uvedených systémů je nutné zajistit optimální prostřední pro hlavní součást vermikompostování – pro žížaly. Zajištění optimálních podmínek ve zpracovávaných surovinách se týká zejména dostatečného přísunu zpracovávaných biologických odpadů, vlhkosti prostředí (resp. zpracovávaných surovin), míry provzdušnění, teplotních podmínek v prostředí výskytu žížal, obsahu solí a dalších méně důležitých parametrů.

3.3.3.1. Malé vermikompostéry

Kompostování v malém vermikompostéru je maloprodukční vermikompostování v zakryté nádobě, které nalezne uplatnění zejména v bytech a v kancelářích – proto jsou vermikompostéry označovány jako domácí. Vyrábějí se ze dřeva nebo plastu, nejčastěji v patrovém provedení. Bioodpady z domácností jsou zpracovávány postupně v jednotlivých patrech vermikompostéru“ (Hanč a Plíva, 2013).

„Domácí vermikompostér lze umístit na chodbu, na balkón, do garáže, dílny, kuchyně nebo do třídy ve škole či do kanceláře. Důležité je vždy zajistit pro žížaly optimální teplotu kolem 20°C°a správnou vlhkost substrátu. V zimě je tedy nutné nenechávat vermikompostér venku bez izolace, v létě ho nevystavovat přímému slunci, aby nedocházelo k výparu vody a k přehřívání“ (Váňa, 2004).

„Plocha nádoby se odvíjí od množství vermikompostovaného bioodpadu. Na 1 kg týdne je potřeba zhruba 0,2 m^2.

Žížaly ke svému životu potřebují dostatek vzduchu, proto je nutné při výběru nádoby dbát na to, aby byla dostatečně prostorná, avšak né příliš hluboká. Postačí rozměry (d x š x h) – (40 x 40 x 15) cm. Perforovaná dna jednotlivých nádob zajišťují odvod přebytečné tekutiny, volný pohyb žížal mezi jednotlivými patry a provzdušnění“ (Plíva a Hanč, 2012).

„Jako podestýlka pro založení vermikompostovacího procesu v malém vermikompostéru jsou nejběžněji využívány – tráva, listí, roztrhaný a navlhčený papír, rašelina, hobliny nebo kokosové vlákno. Volba nevhodné podestýlky může být příčinou špatného průběhu vermikompostovacího procesu. Přibývající zbytky jídla obsahují vodu a mohou zpomalit vermikompostovací proces a snížit množství žížal ve vermikompostéru. Nutné je tedy lůžko udržovat přiměřeně vlhké a provzdušněné“ (Altmann, Mimra a Kollárová, 2007).

„Žížaly se krmí jednou až dvakrát týdně. 0,5 kg žížal zkonzumuje zhruba 0,25 kg bioodpadu denně. Počet žížal se zdvojnásobí přibližně za 3 měsíce. Objem odpadu se postupně zpracováváním žížalami zmenšuje na 1/3 až ¼ svého původního objemu“ (Edwards, Arancon and Sherman, 2011).

„V dolní části vermikompostéru je zásobník s neděrovaným dnem a s vypouštěcím ventilem, kam je sváděna přebytečná tekutina z horních pater, odkud se může průběžně čerpat. Tato tekutina je kapalné hnojivo pro pokojové květiny i zahradu. Pro jeho aplikaci se

doporučuje smíchat ho s vodou, nejlépe v poměru 1:9. Zásobník je třeba pravidelně čistit. Pokud by do něho propadaly žížaly, je potřeba tam umístit malé množství natrhaného papíru nebo kokosového vlákna, aby se žížaly mohly dostat zpět“ (Hanč a Plíva, 2013).

3.3.4. Výroba vermikompostu

Plocha na kultivaci

„Výběr plochy na kultivaci závisí na rozměrech, ve kterých chceme tuto činnost realizovat.
Na zpracování malých objemů substrátu u zahrádkářů anebo drobnochovatelů, případně na likvidaci odpadu z rodinného domu postačí několik čtverečních metrů nevyužité plochy, pokud možno na stíněném místě (pod stromy apod.). Tam umístíme kultivační bedýnky anebo vybudujeme jednoduchou ohradu z tvárnic, cihel či dřeva“ (Zajonc, 1992).

„Při zpracování většího množství materiálu musíme počítat s plochou na vlastní kultivační hromady, na uložení suroviny v předpřípravě (příprava substrátu na založení vermikompostu) a taky na případný pohyb strojního a mechanizačního zařízení. Vycházíme z předpokladu, že na zpracování tuny hnoje potřebujeme 1 až 2 m^2 (při vrstvení materiálu do výše 60 cm). Protože zpracovaný materiál formujeme do hromad zpravidla 1,2 m širokých a 10 m dlouhých, do každé umístíme přibližně 6 až 10 tun hnoje, Mezi hromadami je nutno mít střídavě metr široké kontrolní stezky a 2,5 m široké dopravní cesty pro vstup mechanizačních prostředků. Stejnou plochu, jako tvoří kultivační hromady a cesty spolu, potřebujeme k přípravě substrátu (dozrávání hnoje či jiného odpadu)“ (Plíva a kol., 2009).

„Výhodným podkladem k zakládání kultivačních hromad je betonová vrstva s mírným sklonem umožňujícím odtok vody při zavlažování (kropení) materiálu po čas kultivace. Zpevněná plocha zajišťuje hromady před vnikáním krtků nebo jiných škůdců z půdy a ulehčuje pohyb obsluze mechanizmů. Částečnou náhradou pevného podkladu může být taky silnější plastová fólie, nad kterou umístíme kultivační hromady“ (Zajonc, 1992).

Výběr a příprava substrátu

„Substrátem na výrobu vermikompostu můžou být různé materiály, základem kterých je celulóza, které však současně obsahují dostatek bílkovin, škrobovitých látek, tuků,

vitamínů a taky ovšem minerálií. Materiál, který kompostujeme, musí zabezpečovat na jedné straně vhodné životní prostředí pro žížaly a zároveň jim musí poskytovat i dostatek potravy.

Nároky žížal na potravu jsou podobné jako nároky jiných živočichů – potřebují bílkoviny, cukry, tuky i vitamíny. Výživné látky čerpají žížaly částečně přímo z kompostovaného materiálu (zejména cukry a část bílkovin), důležitou složkou jejich potravy jsou však bakterie a prvoci, kteří se v tomto substrátu vyskytují ve velkém množství“ (Zajonc, 1990).

„Při zakládání kompostu je důležitý výsledek chemického rozboru materiálu, který nám podá základní informace, zejména o obsahu dusíku, kterého musí být vhodné množství (1 – 4%). Obsah dusíku je tu důkazem dostatečné zásoby bílkovin, které jsou nezbytné pro život žížal. Vysoký obsahu dusíku však není žádoucí, zatímco bílkoviny, ve kterých je obsažen, začínají rychle podléhat rozkladu a produkují pro červy jedovaté látky. Pokud připravujeme na zpracování větší množství substrátu, je potřebné umístit několik vzorků připraveného materiálu do vhodných nádob a přidat několik žížal. Pokud budou po 24 hodinách živé a dobře pohyblivé, substrát není nebezpečný a je možné jej použít. Velmi škodlivý je vysoký obsah solí (nad 0,5%) a zejména přítomnost močoviny. Vysoký obsah vlákniny prodlužuje kompostování, zejména pokud jsou kousky příslušného materiálu větších rozměrů“ (Zajonc, 1992).

„Nejčastějším substrátem pro výrobu vermikompostu je hnůj různých domácích zvířat. Všechny jeho druhy jsou použitelné s výjimkou slepičího hnoje (vysoký obsah dusíku). Kromě vlastních výkalů zvířat musí hnůj obsahovat 50% objemu provzdušněných materiálů. Pokud se v hnoji nenacházejí, je potřebné je přidat. Hnůj má být přibližně neutrální (pH 6,7 – 7,5). Pokud je materiál příliš kyselý, upravíme pH přidáním uhličitanu vápenatého. Čerstvý hnůj přechází zracím obdobím, kdy jeho teplota stoupne na 45 – 65°C. Přibližně po 3 týdnech je možné přistoupit k formování kultivačních hromad“ (Zajonc, 1990).

3.3.5. Proces vermikompostování

Proces vermikompostování obsahuje dvě různé fáze zahrnující aktivitu žížal:

a) aktivní fáze, během které žížaly zpracují odpad, čímž se upraví jejich fyzický stav a mikrobiální složení (Lores et al. 2006).

b) fáze podobná zrání označená přemístěním žížal k čerstvějším vrstvám nestráveného a nezpracovaného odpadu, při kterých si mikroorganismy přebírají rozklad odpadu zpracovaného žížalami (Domínguez, 2004; Lazcano et al. 2008).

„Doba trvání aktivní fáze není pevně stanovena a závisí na druhu populace a hustoty žížal a míry přijaté potravy, kterou zpracují na odpad. V prvním stupni je účinek žížal na rozklad organického odpadu během vermikompostování spojen se střevními procesy. Tyto procesy zahrnují všechny změny, včetně nastoupení působení mikroorganismů, které rozkládají organickou hmotu během průchodu přes střeva žížal. Tyto modifikace zahrnují přidání cukrů a dalších látek, modifikace mikrobiální rozmanitosti a aktivity, modifikace mikrofaunové populace, homogenizace a vnitřní procesy trávení, asimilace a produkce hlenu a vylučovacích látek jako je močovina a amoniak, který představuje snadno využitelnou nádrž živin pro mikroorganismy. Rozklad je navíc umocněn působením endosymbiotických mikrobů, kteří se nacházejí ve střevech žížal. Tyto mikroorganismy produkují extracelulární enzymy, které mohou rozložit celulózu a fenolické sloučeniny, čím se dále zvyšuje degradace přijatého materiálu. Další fyzikální modifikace substrátu jsou způsobeny hrabavou činností žížal, včetně aerace a homogenizace substrátu, které taky upřednostňují mikrobiální aktivitu a další rozklad“ (Domínguez, 2004). „Bezprostřední činnost žížal výrazně zvyšuje mineralizaci uhlíku i dusíku v substrátu a tyto účinky jsou přímo úměrné s hustotou osídlení společenstvím žížal“ (Aira et al. 2008). „Je důležité poznamenat, že v systému vermikompostování žížalí odlitky se téměř vždy smísí s materiálem, který žížaly nepozřely a konečný vermikompost se skládá ze směsi dvou různých frakcí. Během tohoto procesu stárnutí, vermikompost dosahuje optimálních podmínek z hlediska biologických vlastností, které podporují růst rostlin a inhibují jejich onemocnění. Současně neexistuje dostatek informací o tom, kdy je toto optimum dosaženo, jak ho v každém případě určit a zda toto optimum má nějaká data expirace. Je taky důležité si uvědomit možnost, že optimální kvality může být dosaženo pouze v přirozených ekosystémech postavených za správných specificky rozmístěných bilancí půdy, rostlin, mikroorganismů, makroorganismů, včetně žížal a klimatu. Nicméně, ještě není možné snadno určit dobu, kdy je vermikompost optimální, a proto jeho optimum může být zjištěno až po jeho aplikaci“ (Edwards, 2010).

3.3.6. Vlastnosti vermikompostu

„Kompostování pomocí žížal má celou řadu předností v porovnání s kompostováním běžnými metodami. Především se zkracuje trvání vlastního procesu asi na 1/3. Dále se zlepšuje stupeň humifikace, který je u vermikompostu vyšší (69) oproti běžnému kompostu (39). Podobně stoupá obsah humínových kyselin.“ (Zajonc, 1992)

„Vermikompost tvoří vlastně výkaly žížal, které vznikají při požírání kompostovaného substrátu. Přitom se samozřejmě uplatní mechanický účinek činnosti zažívací soustavy červů, který se projeví podstatným snížením velikosti částic kompostu. Vlastní vermikompost se skládá z drobných válcovitých útvarů, jejich průměr je daný průměrem vyústění zažívacího traktu žížal. Nahromaděné výkaly žížal mají velký povrch, mezi nimi vznikají meziprostory, což významně zvyšuje provzdušněnost kompostu. Charakteristická je též vysoká vodní kapacita tohoto materiálu“ (Appelhof, 1997).

„Chemické změny ve složení kompostu vedou především ke změnám v poměru uhlíku a dusíku. Zatímco v substrátu před zpracováním je poměr C:N = 22–25:1, ve vermikompostu je to 10:1. Minerální složky se mění nejen chemickými procesy, ale taky působením biochemických pochodů, ovlivněných zejména mikroorganismy. Velká část dusíku se mění na přístupný dusičnan právě působením bakterií. Podobně se zvyšuje množství přístupného fosforu, draslíku a hořčíku pro rostliny i přes to, že celkový obsah některých důležitých látek není vysoký (N – 1,5 až 4,0%, P_2O_5 – 1,4 až 8,0, K_2O – 0,6 až 2,5%). Při kompostování klesá většinou pH o 0,50 až 0,86 jednotek a dosahuje hodnoty okolo pH 6,5.

Pokud se vyskytne nevyrovnanost v obsahu živin vermikompostu, může se lehce vyrovnat přidáním potřebných anorganických hnojiv“ (Chaudhury, Pal, Bhattacharjee and Dey, 2000).

„Obsah těžkých kovů ve vermikompostu je vyšší než v původním materiálu, jelikož celkový objem kompostu se snižuje a těžké kovy zůstávají v původním množství. Žížaly mají sice schopnost kumulovat těžké kovy ve svém těle, no tím se jejich obsah ve zpracovávaném substrátu podstatně nesníží. Obsah těžkých kovů je tedy v získaném produktu úměrný obsahu jejich obsahu v kompostovaném materiálu. V případě použití hnoje jako základní složky kompostu se nemusíme obávat vysoké úrovně obsahu těžkých kovů ve vermikompostu. Hromadění těchto prvků je však závažné při kompostování domovního odpadu anebo splaškových kalů“ (Zajonc, 1990).

„Významný je vysoký počet mikroorganismů ve vermikompostu. Jsou to ty samé druhy, které žijí v půdě. V červu jejich počet i počet žížal 10- až 1000- násobně narůstá. Udržuje se ještě i po opuštění těla žížaly. Tyto organismy přispívají k obnově biologických činitelů v půdě, které jsou předpokladem pro přirozenou obnovu půdní úrodnosti.

Kromě toho jsou ve vermikompostu přítomny růstové látky (giberliny, cytokininy, auxiny), které kladně ovlivňují růst rostlin“ (Domínguez and Edwards, 2011).

„Pokusy ukázaly, že vermikompost kladně ovlivňuje vytváření kořenového systém, tvorbu biomasy a celkový růst rostlin. Při zakořeňování odřezků se při použití vermikompostu zvýšilo procento zakořeněných jedinců z 20–50% na 30–55%. Ukázala se vhodnost vermikompostu jako pěstitelského substrátu, např. ve směsi s rašelinou 3:1 anebo ve směsi s borovou kůrou či zeminou“ (Hyblerová, Han a Balí, 2010).

3.3.7. Kritéria zralosti kompostu a vermikompostu

„Během kompostování i vermikompostování se přeměňuje čerstvý organický odpad na formu užitečných produktů, které jsou bohaté na živiny přístupné pro růst rostlin, prosté snadno biologicky odbouratelného uhlíku. Téměř se vyčerpají fytoinhibitory látek a jsou relativně prosté rostlinných a lidských patogenů. Subjektivně zralý kompost by měl být tmavě hnědý až černý s granulovanou, houbovitou nebo vláknitou texturou a vůní půdy nebo zeminy. Zralý vermikompost by měl být tmavě černý, obvykle s jemně rozptýlenými částečkami podobnými rašelině. Dále by měl mít výbornou strukturu, pórovitost, provzdušnění a skvělé vlastnosti odvodňování a vysokou kapacitu zadržování vlhkosti“ (Hanč, Plíva, 2013).

4. METODIKA POKUSU

V praktické části mé bakalářské práce jsem se zabývala pokusem, kdy jsem zasela semínka Řeřichy zahradní - dánské *(Lepidum sativum L.)* do vermikompostu typu VERMI green od společnosti VERMI marketing, jehož obsah je převážně na bázi humusu, tvořeného exkrementy žížal, a obohacený je enzymy, stopovými prvky a růstovými hormony. To vše na základě mikrobiální aktivity. Dalším substrátem byla zemina ze zahrady v obci Babice u Rosic, která se řadí svým geneticky půdním představitelem do kategorie: hnědozem modální (HNm), hnědozem modální slabě oglejená (HNmg‘). Vermikompost i zemina byly namíchány v různém poměru. Celkem se jednalo o pět variant a to:

Tab. 2: Rozdělení variant substrátu podle poměru obsažené směsi

1. varianta	100% vermikompost
2. varianta	70% vermikompostu + 30% zeminy
3. varianta	50% vermikompostu + 50% zeminy
4. varianta	30% vermikompostu + 70% zeminy
5. varianta	100% zemina

4.1. Provedení

V těchto poměrech jsem namíchala substrát do každého květináče. Vstupní pokus byl proveden následovně:

Připravila jsem si 10 průhledných misek a každou variantu jsem dala do dvou misek. Do každé misky jsem nasypala přibližně stejné množství osiva do přibližně 2 cm hlubokých jamek. Tyto misky byly umístěny na západní okno pokoje při stálé vnitřní teplotě 21°C a přirozeném odpoledním slunci ve dvou řadách, a to tak, že stejná varianta byla v první a v druhé řadě za sebou.

3. den pokusu: 1. kontrola růstu. Za každodenní pravidelné zálivky se objevily 1-2,5 cm dlouhé stonky rostlin. Díky pravidelné zálivce rostliny stále více rostly a nabývaly na síle a na počtu.

Nejrychleji rostla řeřicha v 100% zemině. Tady si myslím, že se projevuje vliv klasického hnojení a bohatost dusíku v půdě. V tomto případě jsem během pokusu snížila zálivku, která v přílišné míře nebyla vhodná.

V poměru směsi 50% V + 50% Z se také jistě projevuje ve výrazné výši vliv klasického hnojení.

Na 3. pozici byla směs 70% V + 30% Z, na 4. místě 100% vermikompost, u kterého byla však zajímavá vitalita a celková zdravost. Na konci v pořadí zůstala varianta 70% Z + 30% V a úplně nejhůř na tom byla směs 50% V a 50% Z, a to zřejmě kvůli příliš hojné zálivce v době klíčení, která se nepodařila vylepšit ani 50% poměrem přidaného vermikompostu. Z tohoto je zřejmé, že klasická zemina nemá ráda přílišné zamokření, i když se tam při následném vzrůstu projevuje klasické hnojení.

7. den pokusu: 2. kontrola růstu. Nastaly změny v pořadí: 1. místo si drží 100% zemina, na 2. místě je 70% V + 30% Z, na 3. pozici 50% V + 50% Z blíž k oknu, 4. místo si drží 100% vermikompost, 5. v pořadí je varianta 30% V + 70% Z a na konci je od začátku silně zavlažovaná směs 50% V + 50% Z. Kromě změn v pořadí je rovněž patrný zřetelný nárůst zelené hmoty, u 100% zeminy jsou zaznamenány až 5cm stonky řeřichy.

9. den pokusu: 3. kontrola růstu. Pořadí je proti druhé kontrole nezměněno, ale zmnožil se počet stonků.

10. den pokusu: 4. kontrola růstu. Je patrný masivní nárůst zelené hmoty. Pořadí zůstalo nezměněné, avšak stonky si již dále nedokážou udržet vertikální směr růstu s nabývající výškou a vlastní vahou se stonky kroutí do různých směrů. Tento jev započal u květináčů se 100% zeminou a postupně se rozšířil do všech ostatních. Rostliny jsem nechala růst celkem 30 dnů a poté jsem úrodu sklidila.

Jedním z parametrů posuzování bylo vystříhání nadzemní části rostlin a následné přepočítání stonků. To v tomto případě nebylo zcela přesné, protože nebyla napočítána semínka v každé misce před osetím a počty stonků byly rovněž různé. Dalším parametrem bylo zvážení rostliny ihned po sklizni a následné zvážení o 7 dní později, po jejím vysušení, abychom zjistili, jaké bylo procentuální zastoupení vlhkosti. Půdní rozbor živin a půdních vlastností nebyl z důvodu nedostatečného množství odebraného vzorku převeden na průměrný vzorek. Na vymývání kořenů nebyl kladen důraz.

4.2. Vyhodnocení:

Tento první pokus měl za cíl stanovit silné a slabé stránky vlastního postupu, což se podařilo. Napočítat přesně počet semen před zasetím do jednotlivých misek je důležité pro porovnání klíčivosti a výtěžnosti zelené hmoty na konci pokusu. Rovnoměrná míra zálivky, která neznehodnotí srovnání dvou misek se směsí 50% V a 50% Z mezi sebou, je rovněž podstatná. Z těchto omylů jsme se poučili a vyvarovali jsme se jich při přípravě designu ve 2. pokusu.

Při druhém pokusu už jsem kladla větší důraz na kvantifikovatelnost výstupů. Sázené rostliny byly ve školním skleníku na Mendelově univerzitě, kde měly stálý přísun světla z lampového osvětlení a byla tam stálá teplota 20 °C. Květináčů byl proti prvnímu pokusu dvojnásobný počet. Tedy každá varianta se skládala ze 4 kusů stejného poměru substrátu, tedy opět zeminy ze zahrady z obce Babice u Rosic kategorie hnědozem modální (HNm), hnědozem modální slabě oglejená (HNmg‘) a stejného vermikompostu označovaného jako VERMI green od firmy VERMI marketing s.r.o.

Na každý květináč připadlo 100 ks semínek řeřichy zahradní – dánské *(Lepidum sativum L.)*. I zde jsem dodržela všechny pro rostliny životně důležité podmínky – zařídit rostlinám dostatek vzduchu, tepla, světla a přísun vody v podobě pravidelné důkladné zálivky.

Při tomto pokusu jsem pozorovala vyklíčení již druhý den a nejrychlejší nárůst byl zpozorován tentokrát u vermikompostu, tady bych se zastavila u toho, jak následně v závěru popisuji, že bohatá zálivka má výrazný vliv na klíčivost. Poté bylo rychlé vyklíčení ve variantě 70 % K + 30 % H, následně v samotné zemině a pak v ostatních variantách. Den ode dne se počet rostlin zvyšoval a jejich velikost narůstala.

Osmý den od založení pokusu následovala tradiční kontrola míry klíčivosti a hojnosti vzrůstu. Stonky měřily již přibližných 5–7 cm a znatelně obměňovaly směr růstu z vertikální polohy na nepravidelný směr do stran. Rostlinám se dařilo skvěle, po 3 týdnech dosáhly optimální zralosti a byl čas pro sklizeň. Vzcházivost (klíčivost) semen byla někdy až vysoká, stejně tak jako počet rostlin. Důležité je říci, že jak při prvním, tak i druhém pokusu šlo v květináčích se zeminou již podle vizuálního zhodnocení zejména o kvantitu. Rostlo více stonků, ale jejich kvalita nebyla dostačující. Stonky byly tenké, někdy až nitkovité, kdežto v substrátu vermikompostu mohly rostliny růst byť o něco pomaleji, ale se zaměřením na kvalitu. Tento fakt byl viditelný pouhým okem i hmatem. Stonky byly silnější, bylo jasně

vidět jejich zdravý růst a to, že mají dostatečnou výživu jak je patrné (viz fotografie v příloze).

5. VÝSLEDKY

Nadzemní část rostlin – počet kusů (ks)

Tab. 3: Počet kusů nadzemní části rostliny v jednotlivých směsích

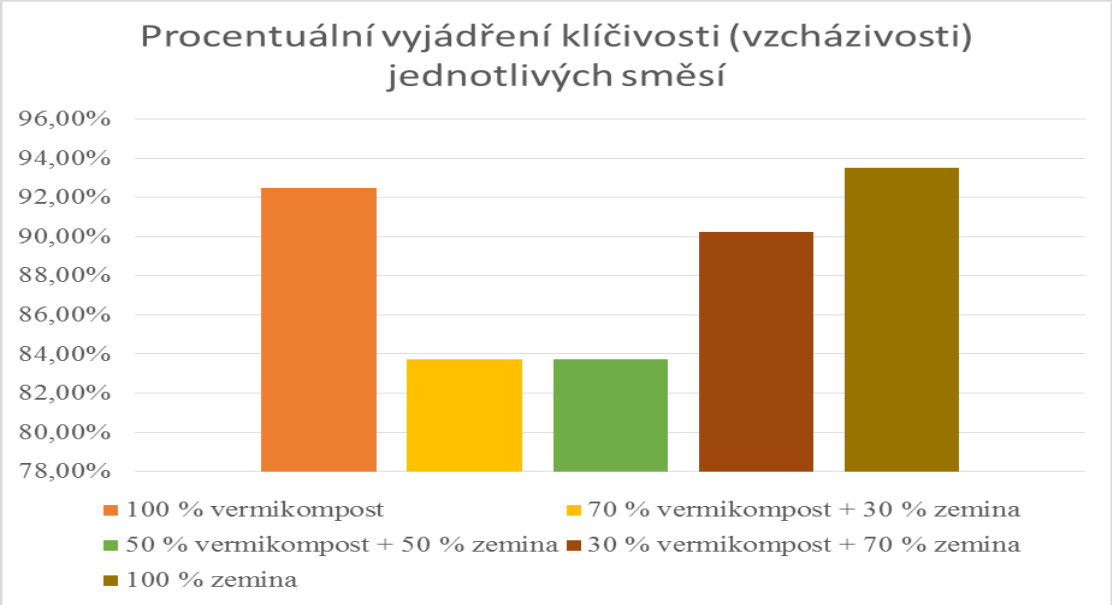
Květináč	**100% kompost**	**70% kompostu + 30% zeminy**	**50% kompostu + 50% zeminy**	**30% kompostu + 70% zeminy**	**100% zemina**
1	95	89	91	92	98
2	92	81	93	89	100
3	95	81	92	83	84
4	88	84	79	97	92
Σ	370	335	355	361	374
Ø	92,5	83,75	83,75	90,25	93,5

Procentuální vyjádření klíčivosti (vzcházivosti) jednotlivých směsí

Tab. 4: Procentuální vyjádření klíčivosti jednotlivých směsí

100% vermikompost	92,5 %
70% vermikompostu + 30% zeminy	83,75 %
50% vermikompostu + 50% zeminy	83,75 %
30% vermikompostu + 70% zeminy	90,25 %
100% zemina	93,5 %

Graf č. 1: Procentuální vyjádření klíčivosti jednotlivých směsí



Jak již bylo výše zmíněno, nejlepší vzcházivost (klíčivost) semen řeřichy byla v obyčejné zemině ze zahrady, která činila 93,5%. Čistý vermikompost na tom byl ale přibližně stejně (jen o jediné procento hůře a umístil se tak na druhé příčce). Třetí pozici obsadila kombinace 30% vermikompostu + 70% zeminy. Kombinace 50% vermikompostu + 50% zeminy a 70% vermikompostu + 30 % zeminy se umístily nerozhodně.

Nadzemní část rostlin – hmotnost čerstvé biomasy (g)

Tab. 5: Hmotnost čerstvé biomasy nadzemní části rostlin

Květináč	**100% kompost**	**70% kompostu + 30% zeminy**	**50% kompostu + 50% zeminy**	**30% kompostu + 70% zeminy**	**100% zemina**
1	10,64	9,26	4,60	9,23	8,71
2	6,47	9,76	6,08	8,85	7,37
3	9,99	10,87	5,89	7,29	6,48
4	7,99	8,65	4,40	8,18	7,75
Σ	35,09	38,54	20,97	33,55	30,31
Ø	8,77	9,64	5,24	8,89	7,58

Z tabulky je možné vidět, že při vážení vlhké struktury byla nejvyšší hmotnost u varianty 70% kompostu + 30% zeminy, druhá nejtěžší byla varianta 30% kompostu + 70% zeminy, po ní 100% kompost, 100% zemina a úplně nejméně vážilo 50% kompostu + 50% zeminy.

Nadzemní část rostlin – hmotnost suché hmoty (g)

Tab. 6: Hmotnost suché hmoty nadzemní části rostlin

Květináč	**100% kompost**	**70% kompostu + 30% zeminy**	**50% kompostu + 50% zeminy**	**30% kompostu + 70% zeminy**	**100% zemina**
1	0,70	0,76	0,76	0,69	0.68
2	0,68	0,77	0,77	0,81	0.80
3	0,74	0,86	0,77	0,65	1.04
4	0,61	0,86	0,84	0,80	0,85
Σ	2,73	3,25	3,14	2,95	3,37
Ø	0,68	0,81	0,76	0,74	0,84

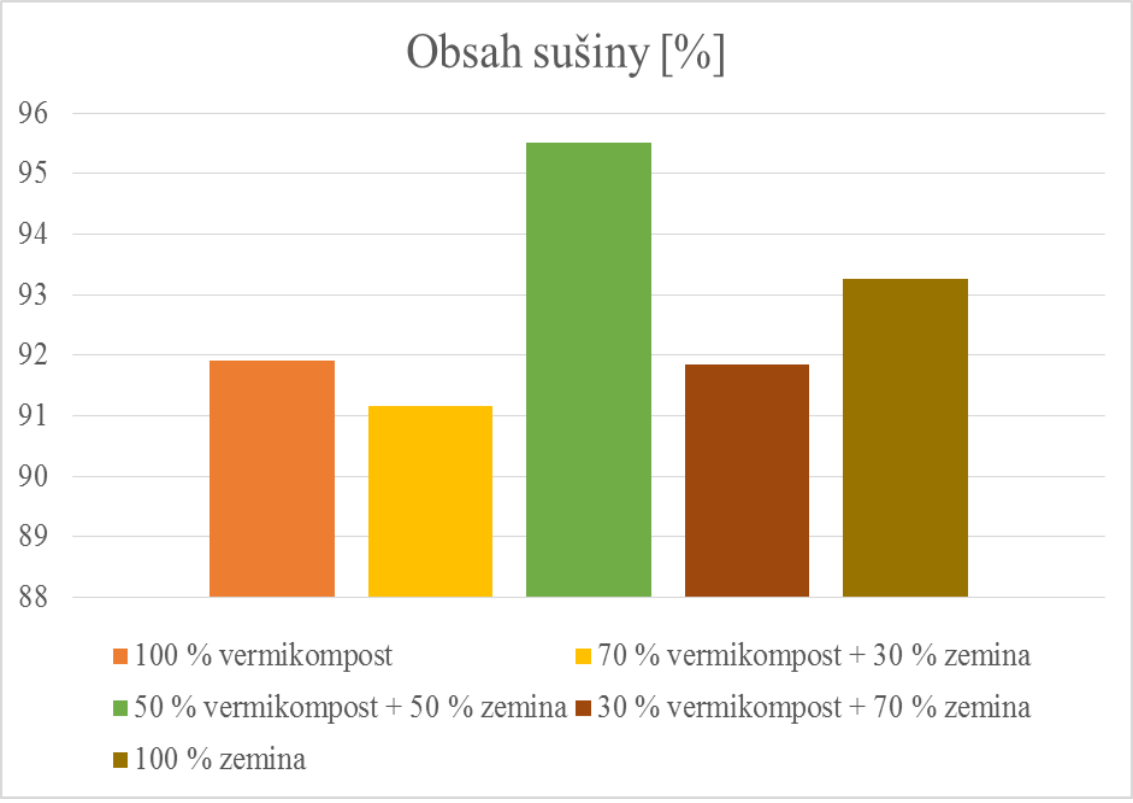
Když byla hmota po týdenní klidové pauze náležitě vysušená, následovalo druhé zvážení, při kterém se jednotlivá pořadí hmotnosti zamíchala. Nejlehčí hmotou se stal 100% kompost s 0,6g, druhá nejlehčí varianta byl 30% kompostu + 70% zeminy, za ní 50% kompostu + 50% zeminy a pak 70% kompostu + 30% zeminy. Substrát se 100% zeminou i přesto, že měl velmi tenké stonky a nebyly senzoricky takové kvality jako stonky ze 100% kompostu, i přes to si zachoval nejvyšší hmotnost po vysušení.

Stanovení obsahu vlhkosti a sušiny

Tab. 7: Stanovení obsahu vlhkosti a sušiny

varianta	Odečet vlhké a suché hmoty	Stanovení vlhkosti [%]	Obsah sušiny [%]
100 % vermikompost	8,77- 0,68	8,09	91,91
70 % vermikompost + 30 % zemina	9,64 -0,81	8,83	91,17
50 % vermikompost + 50 % zemina	5,24- 0,76	4,48	95,52
30 % vermikompost + 70 % zemina	8,89 – 0,74	8,15	91,85
100 % zemina	7,58 – 0,84	6,74	93,26

Graf č. 2: Obsah sušiny



Co se týče stanovení vlhkosti a obsahu sušiny, sušina a vlhkost nadzemní části řeřichy byly stanoveny následujícím postupem:

- odstřižení všech stonků, tedy části nacházející se nad povrchem zeminy
- následné spočítání stonků
- utvoření průměrného vzorku pro danou variantu substrátu použité zeminy
  po spočítání počtů stonků v jednotlivých květináčích,
- díky tomu byla zjištěna klíčivost jednotlivých variant
- po znalostech počtů stonků v každém květináči byly jednotlivé hromádky sklizené zeleně odloženy na filtrační papír, označeny, aby nedošlo k jejich pomíchání a byly jednotlivě zváženy na laboratorních vahách ve vlhkém stavu
- Po týdenní pauze se vážení opakovalo, hmota se dokonale vysušila, voda se odpařila a zbyla pouhá sušina rostlin.

Nejvíce sušiny obsahovala varianta 50% vermikompostu + 50% zeminy s obsahem 95,52% sušiny a 8,83% vlhkosti. Ačkoliv při pravidelných kontrolách růstu tato kombinace nevykazovala nejvyšší hodnoty klíčivosti, na konci pokusu obsahovala nejvíce vyvážený obsah živin.

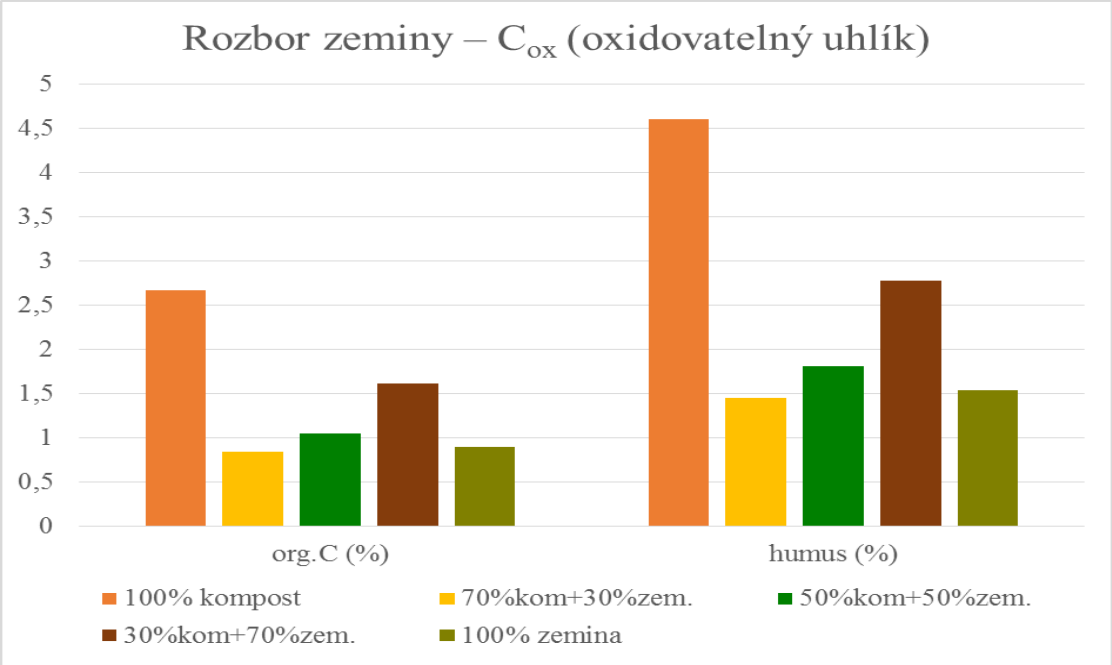
Rozbor zeminy – C_{ox} (oxidovatelný uhlík)

Tab. 8: Procentuální zastoupení organického uhlíku a humusu

	org.C (%)	**humus (%)**
100% kompost	2,67	4,60
70%kom+30%zem.	0,84	1,45
50%kom+50%zem.	1,05	1,81
30%kom+70%zem.	1,61	2,77
100% zemina	0,89	1,53

Při rozboru zeminy a oxidovatelného uhlíku bylo dospěno k závěru, že předpokládaná hypotéza byla správná. Opravdu se potvrdilo nejvyšší zastoupení humusu ve variantě 100% kompost, které činilo 4,60%. Pozoruhodné je, že druhým nejlepším substrátem pro řeřichu byla varianta 30% kompostu + 70% zeminy. Naopak varianta 70% kompostu + 30 % zeminy byla nejméně vhodná.

Graf č. 3: Procentuální vyjádření obsahu oxidovatelného uhlíku a humusu

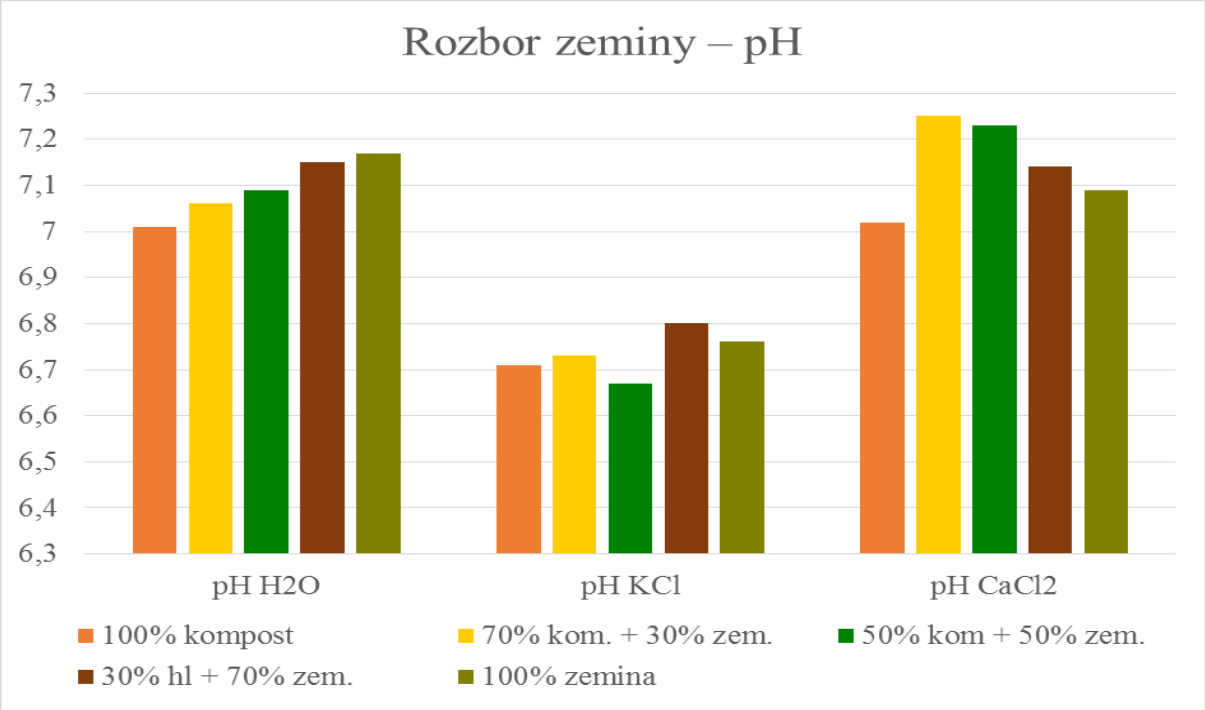


Rozbor zeminy – pH

Tab. 9: Hodnocení výsledků pH/H_2O, pH/KCl a pH/$CaCl_2$

	pH H_2O	**pH KCl**	**pH $CaCl_2$**
100% kompost	7,01	6,71	7,02
70% kom. + 30% zem.	7,06	6,73	7,25
50% kom + 50% zem.	7,09	6,67	7,23
30% hl + 70% zem.	7,15	6,80	7,14
100% zemina	7,17	6,76	7,09

Graf č. 4: Hodnocení výsledků pH/H_2O, pH/KCl a pH/$CaCl_2$



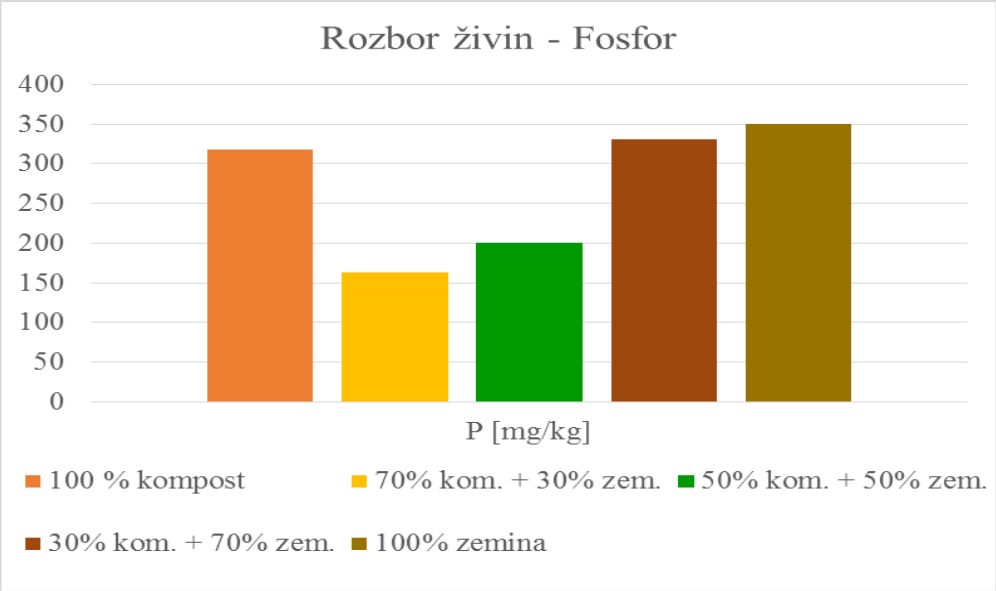
Při rozboru zeminy jsem došla k závěru, že odchylky v měření pH mezi jednotlivými variantami nebyly až tak odlišné. Rozdíl byl u pH vody v pouhých setinách a v případě pH chloridu draselného a chloridu vápenatého se jednalo o desetiny.

Rozbor živin

Tab. 10: Hodnocení substrátů podle obsahu Fosforu, Draslíku, Vápníku a Hořčíku

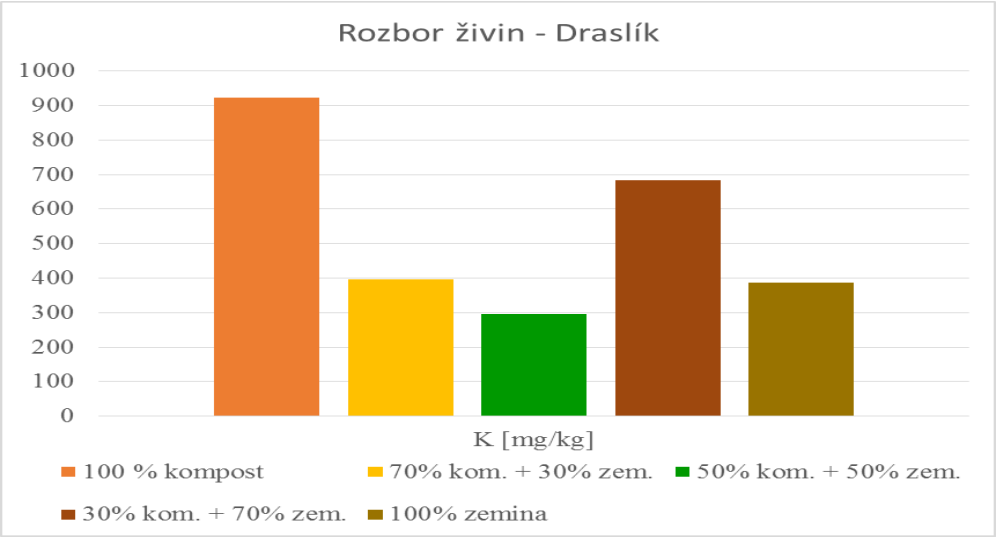
vzorek	P [mg/kg]	K [mg/kg]	Ca [mg/kg]	Mg [mg/kg]
100% kompost	318,4	923,1	19 146	1162,5
70% komp.+30% zem.	163,1	395,5	15 678	894,5
50% komp.+50% zem.	200,2	295,6	11 188	715,9
30% komp.+70% zem.	331,1	684,6	10 341	716,2
100% zemina	350,6	385,9	6 054	561,1

Graf č. 5: Hodnocení obsahu Fosforu v jednotlivých substrátech

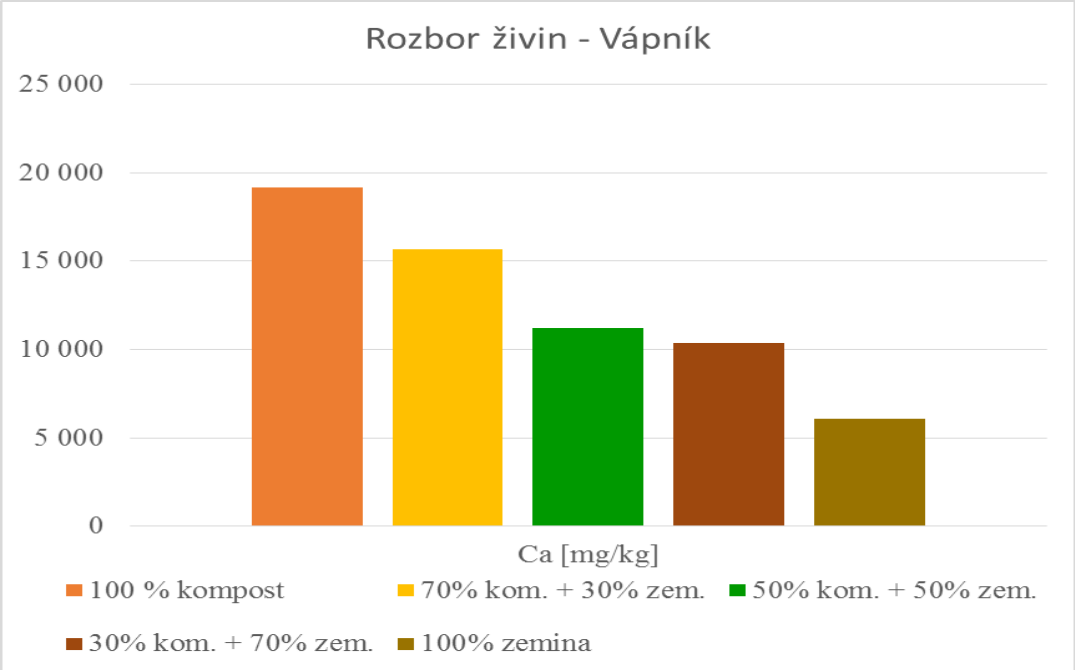


Rozbor živin nám ukázal poměry jednotlivých makroelementů v námi zvolených substrátech pro řeřichu zahradní – dánskou (*Lepidum sativum L.*). Dle tabulky je vidět, sestupnost vápníku od 100% kompostu až po 100% zeminu. V 100% vermikompostu činí jeho obsah 19 146 mg/kg a následně variantu za variantou tento obsah klesá. 100% vermikompost rovněž vynikal v nejvyšším obsahu hořčíku a draslíku.

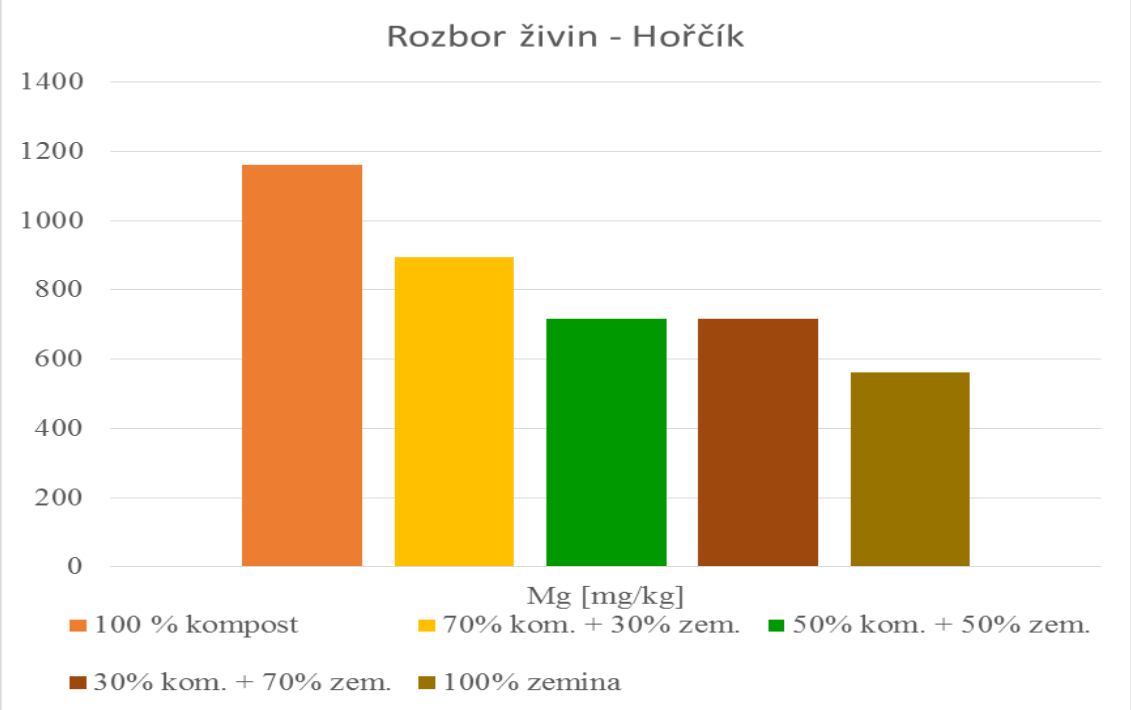
Graf č. 6: Hodnocení obsahu Draslíku v jednotlivých substrátech



Graf č. 7: Hodnocení obsahu Vápníku v jednotlivých substrátech



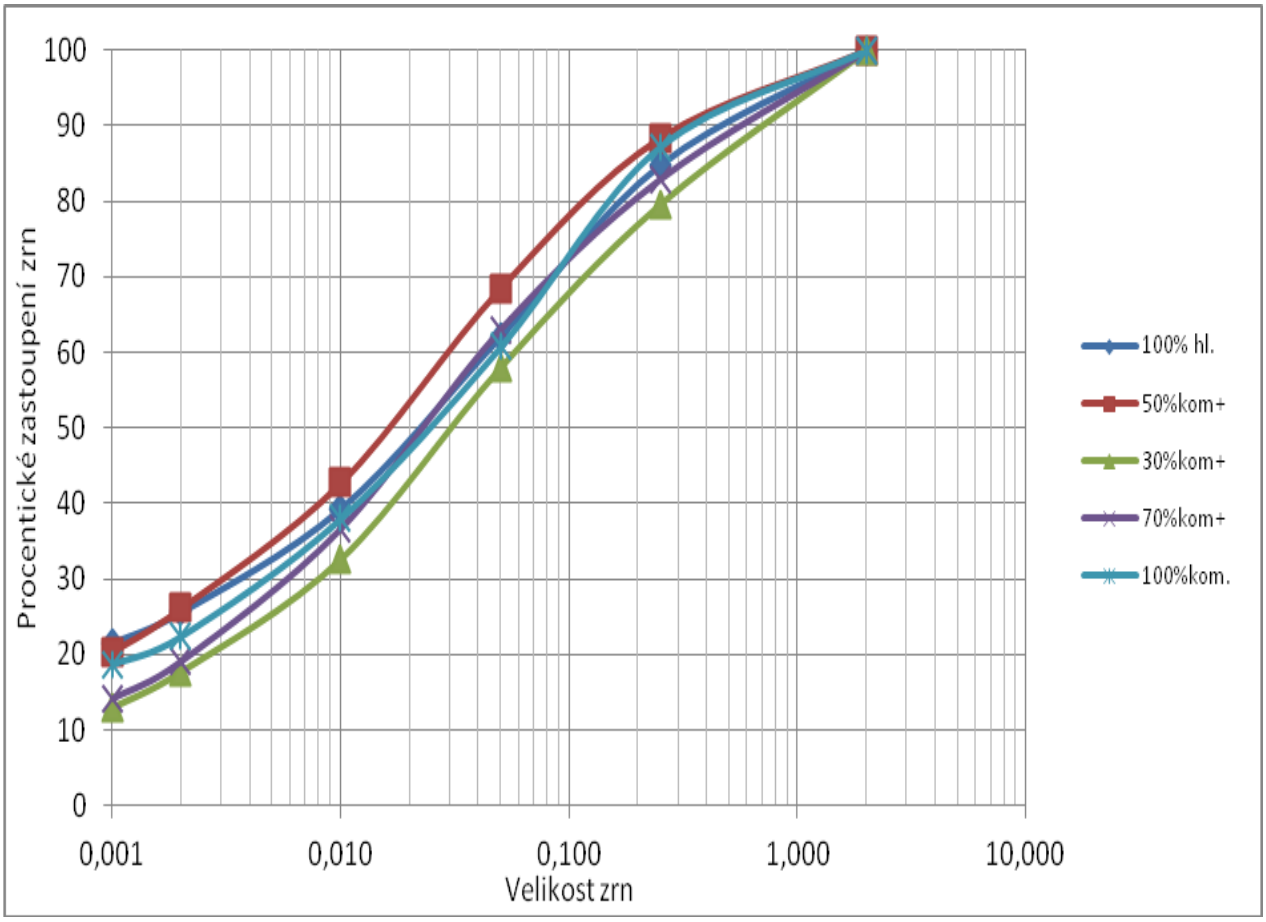
Graf č. 8: Hodnocení obsahu Hořčíku v jednotlivých substrátech



Tab. 11: Procentické zastoupení zrn

	obsah částic o rozměru méně než [%]						půdní druh dle Nováka
vzorek	2,000	0,250	0,050	**0,010**	0,002	0,001	
100% zem.	100,00	84,85	62,12	**39,36**	25,68	21,60	H
50%kom+	100,00	88,43	68,52	**42,76**	26,16	20,40	H
30%kom+	100,00	79,61	57,96	**32,56**	17,64	12,88	H
70%kom+	100,00	82,95	63,04	**36,64**	19,08	14,12	H
100%kom.	100,00	87,23	60,72	**38,04**	22,48	18,76	H

Graf č. 9: Procentické zastoupení zrn



6. ZÁVĚR

Jak již bylo zmíněno výše v kapitole metodika, k pokusu byly použity dvě hlavní složky a to klasická zemina a vermikompost. Tyto dvě složky jsem pouze míchala v různém poměru. V průběhu pokusu bylo zjištěno následující:

Klasická zemina ze zahrady v obci Babice u Rosic, která se řadí svým geneticky půdním představitelem do kategorie hnědozem modální (HNm), hnědozem modální slabě oglejená (HNmg‘) je průběžně klasicky hnojena. Pokud došlo k výraznému promáčení při počátečním výsevu a k případnému zatopení, klasická zemina ze zahrady se chovala tak, že z této zeminy se stala bahnitá, dle mého názoru i méně absorpční směs, která je názorně vidět i na fotografii. Takováto směs nebyla moc příznivá při vlastním klíčení a vlastním nastartování procesu klíčivosti. Z tohoto faktu je zřejmé, že tato půda nemá ráda přílišnou vlhkost.

Pokud jsem mísila zeminu s jinou složkou mého pokusu (v mém případě s vermikompostem), již to nestačilo k tomu, aby přílišná vlhkost byla výhodou a kladem pro celkovou příznivou klíčivost. V pokusu s touto zeminou nebylo zjištěno množství stopových prvků, a tudíž nevím, jaké prvky a v jakém množství působily na klíčivost a celkový vzrůst rostlin. Tato zemina byla hodnocena jen z pohledu přimíchávání v určitém poměru a víceméně měla řešit procentuální zastoupení vermikompostu v půdě a jeho budoucí možné přimíchávání a poměrové kombinace. Pokud jsem snížila množství zálivky, tak z pokusu je zřejmé, že řeřicha rostla nejrychleji v 100% zemině. Tady si myslím, že se projevilo právě klasické hnojení půdy a bohatost na dusíkatá hnojiva.

Druhou použitou složkou byl vermikompost. Ten, který jsem při mém pokusu použila, se jmenuje VERMI green a vyrábí ho společnost VERMI marketing. Tento vermikompost má certifikát BIO – ekologický v plném rozsahu. VERMI green vzniká vermikompostováním – aerobním procesem přeměny rostlinných materiálů kompostu na humus vlivem mikrobiální aktivity bakterií a enzymů, které se nacházejí v zažívacím ústrojí žížal. Vysoký obsah organických látek výrazně obohacuje hnojené plochy a díky jeho složení nedochází při dodržení doporučeného dávkování k přehnojení. Tady bych se ráda pozastavila nad mou osobní zkušeností, že vyseté řeřiše vůbec nevadila 100% koncentrace, ba právě naopak, tato koncentrace byla výhodou při klíčení a celkové vitalitě růstu. Organické hnojivo VERMI green je tvořeno převážně žížalími exkrementy. Tento organo-minerální komplex má schopnost absorbovat velké množství vody a společně se živinami a minerály je postupně

uvolňovat rostlinám. Toto vyráběné organické hnojivo je vhodnou ekologickou alternativou schopnou plně nahradit umělá hnojiva, půdě dodává stopové prvky, enzymy a další důležité živiny a především tolik v dnešní době potřebnou organickou hmotu.

O tomto hnojivu a jeho složení mám více podrobných informací, protože je registrováno na UKZÚZ a měla jsem možnost pracovat s posledním protokolem kontroly hnojiva, který zkoumal jak chemické a fyzikální vlastnosti a jejich požadované hodnoty, tak také rizikové prvky a jejich celkové množství v tomto organickém hnojivu. Toto organické hnojivo je vyráběné na bázi humusu, tvořeného, jak už bylo dříve zmíněno převážně exkrementy žížal, obohacené o enzymy, stopové prvky a růstové hormony, které produkují žížaly ve svém trávícím traktu. To vše na základě mikrobiální aktivity. Tady bych se chtěla pozastavit u toho, že pokud, jsem při výsevu použila výhradně vermikompost a následně došlo k úplnému zatopení vysévaných semen (jako u klasické zeminy), toto bylo naopak výhodou a klíčivost byla na velice dobré úrovni.

Z tohoto pokusu je zřejmé, že koncentrovaný vermikompost má velice příznivý vliv na klíčivost semen a naopak při bohaté zálivce dochází ke smývání a postupnému splavování živin a k jejich rychlému startu a klíčivosti. Jeho absorpční schopnost je na mnohem lepší úrovni a také jeho struktura a prodyšnost je lepší, než u obyčejné zeminy.

Z pokusu by mělo být dále zřejmé, že koncentrované používání vermikompostu má pozitivní vliv na celkový vzrůst vysázených rostlin, které se vyznačují celkovou vitalitou a množstvím zelené hmoty, která narostla, tak také na kořenový systém. Při hodnocení obsahu sušiny vyšla jako absolutní vítěz varianta 50% V + 50% Z, jejíž sušina činila 95,52%.

Zároveň výsledky rozborů jasně ukazují, že vermikompost je ideálním prostředím pro výsadbu rostlin, více než obyčejná zemina ze zahrady. To vše, díky svému vysokému obsahu humusu, který má vysokou výměnnou kapacitu pro živiny, jenž rostlinám postupně uvolňuje, zvyšuje odolnost půdy proti okyselení a dále například zvyšuje samočistící schopnost půdy. Dle mého názoru, jeho zásaditost zvyšuje odolnost půdy proti přílišnému překyselení a tím i delší ochranu rostlin před škodlivostí jiných nežádoucích příměsí a splachů. Zároveň v rozboru vermikompost dosáhl nejvyššího obsahu oxidovatelného uhlíku. Ten je velice důležitý pro opětovné zpřístupnění uhlíku metabolickým procesům v půdě. Významně se podílí na vytváření půdní struktury, vytváření půdních koloidů a vododržnosti.

Ohledně výsledků rozborů živin v jednotlivých variantách, i na ty je potřeba poukázat. Bez dostatečného množství živin by rostliny doprovázela vyšší náchylnost k chorobám,

živoření rostlin, omezení úrody, nechutnost plodů apod. Co se týče živin, i zde varianta se 100% vermikompostem hojně obstála. Ze všech zkoušených variant byla nejbohatší na vápník, draslík a hořčík.

Měla jsem možnost posoudit konečnou chuť vypěstované řeřichy, a v souladu s vizuálním posouzením se potvrdilo, že řeřicha vypěstovaná výhradně na vermikompostu nebo při jeho velkém zastoupení měla chuť velice dobrou. Tyto mé smyslové poznatky by bylo velmi užitečné vyzkoušet dalším pokusem. Jsem i toho názoru, že by bylo někdy v budoucnu velice vhodné porovnat také jímavost a absorpční schopnost vermikompostu VERMI green a běžné zeminy i jeho odolnost při následném postupném vysychání v návaznosti na kumulovaný stres rostlin, vyvolaný nedostatečnou a nepravidelnou zálivkou testovaných semen a rostlin, tak, jako k tomu dochází v přírodě.

6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

– APPELHOF, M., 1997: *Worms Eat My Garbage, Flower Press*, 1-162.

– BARRETT T. J., 1942: *Harnessing the earthworm.* Faber and Faber, London.

– BOUCHÉ M. B., 1987. *Strategies Lombriciennes*. Ecol. Bull. 25: 122-132.

– CÍSAŘ, V. et al. *Člověk a životní prostředí.* 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1987.

– CONTREAS-RAMOS S. M., ALVAREZ-BERNAL D. & DENDOOVEN L.: *Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from soil amended with biosolid or vermicompost in the presence of earthwomrs (Eisenia foetida).* Soil Biol. Biochem. 2008, 40: 1954-1959.

– DE BERTOLDI M., VALLINI G., and PERA A., 1983: *The biology of composting: A rewiew. Waste Manage*. Res. 1, 157–176.

– DOMÍNGUEZ J., EDWARDS C. A., 2011: *Biology and ekology of earthworm species used fot vermicomposting. In: Vermiculture Technology,* Ed. Edwards C. A., Arancon, N. and Sherman R.: CRPC Press, str 27-40.

– DOMÍNGUEZ J., EDWARDS C. A., 2011*: Relationships between composting and vermicomposting. In Vermiculture Technology* (Eds C. A. Edwards, N. Q. Arancon & R. Sherman), Boca Raton: CRPC Press, Taylor & Francis Group, str. 11-25.

– DOMÍNGUEZ J., PARMELEE R. W. & EDWARDS C. A., 2003: *Interactions between Eisenia andrei (Oligochaeta) and nematode populations durint vermicomposting. Pedobiologia* 47:53–60.

– EDWARDS, C. A., 1988: *Breakdown of animal, vegetable and industrial ogranic waste by earthworms. In Earthworms in Waste and Environmental Management,* ed. C. A. Edwards and E. F. Neuhauser, 21–31. PSB, the Hague, the Netherlands.

– EDWARDS, C. A. (ed.), 2004: *Earthworm Ecology*. 2nd Ed., CRC Press, Baton Ruge, LA.

– EDWARDS, C. A., 1983: *Earthworms, organic waste and food. Span* 26, no. 3, 106-108.

– EDWARDS C. A. & BOHLEN P. J., 1996: *Biology and Ecology of Earthworms,* 3rd ed. Chapman and Hall, London.

– EDWARDS, C. A., BURROWS I., FLETCHER K. E. & JONES B. A., 1985: *The use of earthworms for composting farm Wales. In Composting of Agricultural and Other Wastes*, ed. J. K. R. Gasser, 229-242. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.

– EDWARDS, C. A. and NEUHAUSER E. F., 1988: *Earthworms in Waste and Enviromental Management*. SPB Academic Publishing, the Hague, the Netherlands.

– FINSTEIN M. S., MILLER F. C., STROM P. F., MAC GREGOR S. T., and PSARIANOS K.M., 1983: *Composting ecosystem management for waste treatment. Biotechnology* 1, 347–353.

– FORMAN, R. T.,GODRON, M.. Krajinná ekologie. 1. vyd. Praha: Academia, 1993, 583 s. ISBN 8020004645.

– FRANZ M. J., 1978: *The economic future of the earthworm in recycling. Compost Sci.–Land Util.* 19, 23-26.

– GOLUEKE C. G., 1972: *Composting: Study of the Process and Its principles*. Rodale Press, Emmaus, PA.

– GOOTAS H. B., 1956: *Fundamentals of Composting Process.* University of California. Berkeley, CA.

– GRAFF O., 1974: *Gewinnung von Biomasse aus Abfallstoffen durch Kultur des Kompostregenwurms Eisenia foetida (Savigny 1826). Landbauforschung Volkenrode* 24, 137–142.

– GRODA B. a kol. *Technika zpracování odpadů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. 213 s. ISBN 80-7157-164-4.

– HANČ A., PLÍVA P., 2013: *Vermikompostování bioodpadů (certifikovaná metoda),* Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 35s., ISBN: 978-80-213-2422-0

– HANČ A., PLÍVA P., 2013: *Vermikompostování – perspektivní metoda pro zpracování bioodpadů*. Sborník z IX. Konference – Biologicky rozložitelné odpady, Náměšť nad Oslavou 1-11. ISBN: 978-80-87226-29-2

– HANČ A., PLÍVA P. 2010: *Vermikompostování – perspektivní způsob nakládání s bioodpady*. Odpadové fórum 11 (9): 32

– HAND P., HAYES W. A., FRANKLADN J. C. & SATCHELL J. E. (1988): *The vermicomposting of cow slurry*. Pedobiologia, 31: 199-209.

– HARTENSTEIN R., and MITCHELL M. J., 1977 *Interim report–utilisation of soil inverrebrates in stabilization, decontamination and detoxification of residual sludges for treatment of wastewater*. Report NSF-RANN. Grand Number ENV76-17225.

– HARTENSTEIN R., NEUHAUSER E. F. & COLLIER J., 1980: *Accumulation of heavy metal in the earthworm Eisenia foetida, J. Enrivon. Qual.* 9(1): 23–26.

– HARTENSTEIN R., NEUHAUSER E. F. & KAPLAN D. L., 1979: *Reproductive potential of the earthworm Eisenia foetida. Oecologia (Berl.),* 43, 329−340.

– HÁSLBACH J., VACULÍK R.: *Půdoznalství*, Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 1972

– HAUG R. T., 1979: E*ngineering principe sof sludge composting. J. Water Pollut. Control Fe.,* 2189–2206.

– HYBLEROVÁ J., HAN A. a BALÍK J., 2011: *Vermikompostování kuchyňského bioodpadu.* Sborník přednášek, Odpadové fórum 2011, Praha, č. 081 (6 stran), ISBN: 978-80-85990-18-8.

– CHAUDHURY P. S., PAL T. K., BHATTACHARJEE G. & DEY S. K., 2000: *Chemical changes during vermicomposting (Perionyx excavatus) of kitchen wastes*. Tropical Ecol., 41: 107-110

– JANDÁK J., a kol., 1989: *Cvičení z půdoznalství*, Vysoká škola zemědělská v Brně vlastním nákladem, 210 s., 55-924-91

– JANDÁK J. a kol.: *Půdoznalství,* Brno, Skriptum MZLU, 2001

– JŮVA, K., HRABAL, A., TLAPÁK, V. *Ochrana půdy, vegetace, vod a ovzduší*. Praha: SZN, 1977, 180 s.

– KALINA M.: *Kompostování a péče o půdu*. Praha: Grada Publishing, 1999, 112 s. ISBN: 80-7169-697-8.

– KAPLAN D. L., NEUHAUSER E. F., HARTENSTEIN R. & MALECKI M. R., 1980. *Physicochemical requerements in the enviroment of the earthworm Eisenia foetida. Soil Biol. Biochem.* 12, 347–352

– KOPECKÝ J.: *Půdoznalství*, Praha, 1928

– LAZCANO C., GOMEZ-BRANDÓN M., AND DOMÍNGUEZ J., 2008: *Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. Chemosphere* 72:1013–1019

– LI Y. S., ROBIN P., CLUZEAU D., BOUCHÉ M., QIU J. P., LAPLANCHE A., HASSOUNA M., MORAND P., DAPPELO C. & CALLAREC J.: *Vermifiltration as a stage in reuse of swine wastewater: Monitoring metodology on an experimental farm*. Ecological Engin., 2008, 32: 301-309.

– LORES M., GÓMEZ-BRANDÓN M., PÉREZ-DÍAZ D. & DOMÍNGUEZ J., 2006: *Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. Soil Biol. Biochem.* 38:2993–2996.

– MACDONALD D. W., 1983: *Predation on earthworms by terrestrial vertebrates. In Earthworm Ecology: From Darwin to Vermiculture*, ed. J. E. Satchell, 393–414. Chapman and Hall, London.

– MIKEŠ J.: *Biofiltrace jako prostředek eliminace zápachu při anaerobní digesci*. Odpadové fórum, 2008, 12: 19-20.

– MITCHELL M. J., MULLIGAN R. M., HARTENSTEIN R and NEUHAUSER E. F., 1977: *Conversion of sludges into topsoils' by earthworms, Compost Sci*., Vol. 18, No. 4

– OLIVER G. S., 1937: *Our Friend the Earthworm*. Gardener's Book Club, Volume 8, California.

– PEREIRA NETO J. T., NOBREGA C. C., and STEINFORD E. I., 1991: *A hybrid mode od aeration for aerated static pile composting systems. In the Proceedings of 7th International Conference on Solid Waste Management and Secondary Materials*, Philadelphia, PA, December 1991.

– POINCELOT R. P., 1975: *Development of a vermicomposting system*. Proc. 4th Int. CIEC Sym. Agric. Waste Manage. Environ. Prot. 1, 294–300.

– POKORNÝ E., ŠARAPATKA B.: *Půdoznalství pro ekozemědělce*. Praha: Ministerstvo zemědělství v ústavu zemědělských a potravinářských informací, 2003. 40 s. ISBN: 80-7084-295-4.

– POKORNÝ E., ŠARAPATKA B., a HEJTÁKOVÁ K.: *Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku.* 1.vyd. Náměšť nad Oslavou: ZEDA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, Metodická pomůcka, 2007. 27 s. ISBN: 80-903548-5-8.

– PLÍVA P.: *Kompostování – příprava surovin – jemná dezintegrace*. Odpadové fórum, 2014, roč. 15, č. 2, s. 12-16, ISSN: 1212-7779.

– PLÍVA a kol., 2016: *Kompostování a kompostárny*. 1. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., 149 s. ISBN: 978-80-86726-74-8.

– PLÍVA P., BANOUT J., HABART J., JELÍNEK A., KOLLÁROVÁ M., ROY A. a TOMANOVÁ D.: *Zakládání, průběh a řízení komponovacího procesu*. VÚZT Praha, 2006, 65 s. ISBN: 80-86884-011-2.

– PLÍVA P., HANČ A.: *Vermikompostování*. Sborník z VIII. Mezinárodní konference – Biologicky rozložitelné odpady. 2012, Náměšť nad Oslavou: 1-10. ISBN: 978-80-87226-23-0.

– SINHA R. K., AGARWAL S., CHAUHAN K., VALANI D. (2010): *The wonders of earthworms & it's wemicompost in farm production: Charles Darwin's friends of farmers, with potential to replace destructice chemici fertilizers from agriculture*. Agric. Sci., 1: 76-94.

– STENTIFORD E. I. 1996: *Composting kontrol: Principles and practise. In The Science of Composting,* ed. M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes, and T. Papi, 49–59. Chapman and Hall, Glasgow.

– ŠARAPATKA, B. *Pedologie*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 1996. 235s. ISBN: 80-70 67-590.

– ŠARAPATKA, B., DLAPA, P., BEDRNA, Z. *Kvalita a degradace půdy*. 1. vyd.

Olomouc: Univerzita Palackého, 2002, 246 s. ISBN 80-244-0584-9.

– ŠARAPATKA B., NIGGLI U., a kol.: *Zemědělství a krajina: cesty k vzájemnému souladu*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008. 271 s- ISBN: 978-80-244-1885-8.

– VÁŇA J.: *Kompostování bioodpadu*. In: Váňa J., Balík J., Tlustoš P.: *Pevné odpady* (učebnice), ZU Praha 6, 2004.

– VÁŇA J.: *Výroba a využití kompostů v zemědělství*. Institut výchovy a vzdělání ministerstva zemědělství ČR, Praha, 1994.

– ZAJONC I., 1990: *Biologické principy využitia dážďoviek pre výrobu vermikompostu a produkciu bielkovinovej biomasy z odpadov poľnohospodárskej výroby: Realizační výstup státního úkolu R 06- 529-012/03-05 „Využitie trusu králikov pre produkcie dážďoviek*. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 22 s.

– ZAJONC I., 1992: *Chov žížal a výroba vermikompostu*, Povoda: Animapress, 59 s. ISBN 80-85567-07-5

– ZEMÁNEK P., BURG P., KOLLÁROVÁ M., MAREŠOVÁ K. a PLÍVA P.: *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování*. [Biologically Degradable Waste and Composting]. Praha, VÚZT, 2010, č. 1., 117 s. ISBN: 978-80-86884-52-3.

– ZUCONNI F., and DE BERTOLDI M., 1987: *Composting specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In Compost: Production: Production, Quality and Use*, ed. M. De Bertoldi, M. P. Ferranti, P. L'Hermitw, and F. Zucconi, 30–51. Elsevier Applied Science, London.

Dostupné na internetu:

– http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=zakladni_fyzikalni_vlastnosti_pudy&site=puda
– http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=kyselost_pudy_pudni_reakce&site=puda
(web CENIA, česká informační agentura životního prostředí, Vršovická, 1442/65, 100 10 Praha 10)
– http://www.ceu.cz/půda/default.htm
– http://cs.wikipedia.org/wiki/Půda
– http://www.af.mendelu.cz/agrochem/multitexty/hnojiva/komposty.htm

7. PŘÍLOHY

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Rozdělení půdy podle procenta obsahu částic menších než 0,01 mm

Tab. 2: Rozdělení variant substrátu podle poměru obsažené směsi

Tab. 3: Počet kusů nadzemní části rostliny v jednotlivých směsích

Tab. 4: Procentuální vyjádření klíčivosti jednotlivých směsí

Tab. 5: Hmotnost čerstvé biomasy nadzemní části rostlin

Tab. 6: Hmotnost suché hmoty nadzemní části rostlin

Tab. 7: Stanovení obsahu vlhkosti a sušiny

Tab. 8: Procentuální zastoupení organického uhlíku a humusu

Tab. 9: Hodnocení výsledků pH/H_2O, pH/KCl a pH/$CaCl_2$

Tab. 10: Hodnocení substrátů podle obsahu Fosforu, Draslíku, Vápníku a Hořčíku

Tab. 11: Procentické zastoupení zrn

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Procentuální vyjádření klíčivosti jednotlivých směsí

Graf č. 2: Obsah sušiny

Graf č. 3: Procentuální vyjádření obsahu oxidovatelného uhlíku a humusu

Graf č. 4: Hodnocení výsledků pH/H_2O, pH/KCl a pH/$CaCl_2$

Graf č. 5: Hodnocení obsahu Fosforu v jednotlivých substrátech

Graf č. 6: Hodnocení obsahu Draslíku v jednotlivých substrátech

Graf č. 7: Hodnocení obsahu Vápníku v jednotlivých substrátech

Graf č. 8: Hodnocení obsahu Hořčíku v jednotlivých substrátech

Graf č. 9: Procentické zastoupení zrn

SEZNAM PŘÍLOH

Foto č. 1: 1. kontrola růstu – vstupní pokus

*Foto č. 2: 2. kontrola růstu – vstupní p*okus

*Foto č. 3: 3. kontrola růstu – vstupní po*kus

*Foto č. 4: 4. kontrola růstu – vstupní po*kus

Foto č. 5: Počátky změn vertikálního růstu

Foto č. 6: Vstupní pokus těsně před sklizní
Foto č. 7: 1. kontrola růstu – 2. pokus
Foto č. 8: 2. kontrola růstu – 2. pokus
Foto č. 9: Počátky změn vertikálního růstu
Foto č. 10: 3. kontrola růstu – 2. pokus
Foto č. 11: 4. kontrola růstu – 2. pokus
Foto č. 12: 5. kontrola růstu – 2. pokus
Foto č. 13: 2. pokus těsně před sklizní
Foto č. 14: Čerstvá biomasa před usušením
Foto č. 15: Usušená hmota nadzemní části rostlin
Foto č. 16: Převedení substrátů na průměrné vzorky + příprava pro rozbor

Příloha č. 1: BIO Certifikát společnosti VERMI marketing s. r. o. ČJ
Příloha č. 2: BIO Certifikát společnosti VERMI marketing s. r. o. AJ
Příloha č. 3: BIO Certifikát společnosti VERMI marketing s. r. o. NJ

Foto č. 1: 1. kontrola růstu - vstupní pokus

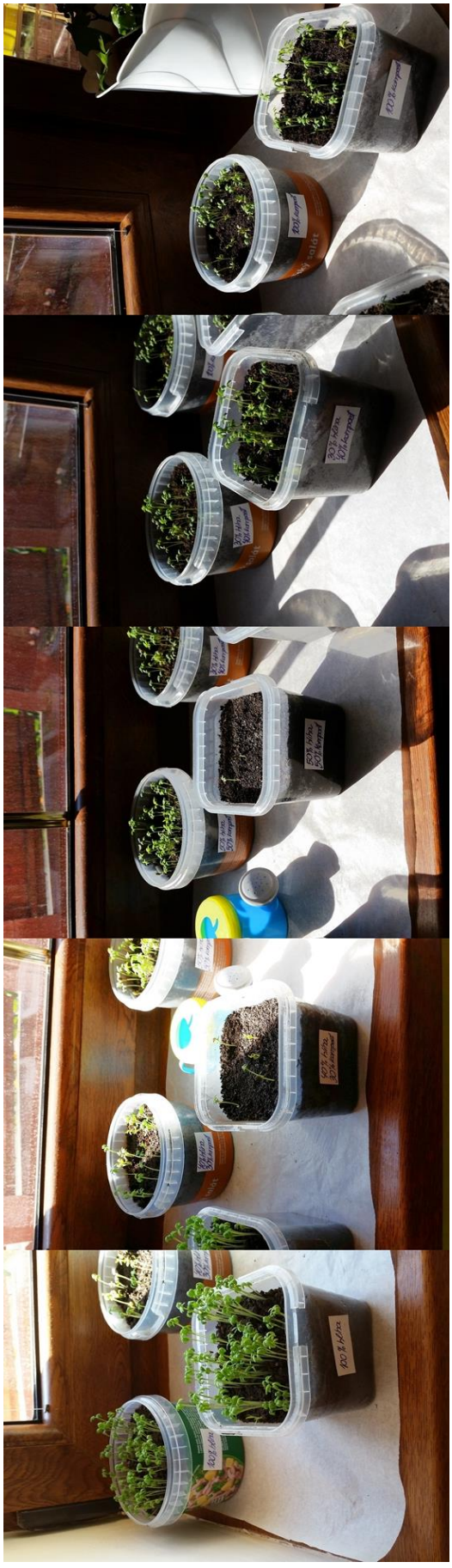


*Foto č. 2: 2. kontrola růstu - vstupní po*kus

Foto č. 3: 3. kontrola růstu – vstupní pokus

Foto č. 4: 4. Kontrola růstu – vstupní pokus

Foto č. 5: Počátky změn vertikálního růstu

Foto č. 6: Vstupní pokus těsně před sklizní

Foto č. 7: 1. kontrola růstu – 2 . pokus

Foto č. 8: 2. kontrola růstu – 2. pokus

Foto č. 9: Počátky změn vertikálního růstu

Foto č. 10: 3. kontrola růstu – 2. Pokus

Foto č. 11: 4. kontrola růstu – 2. pokus

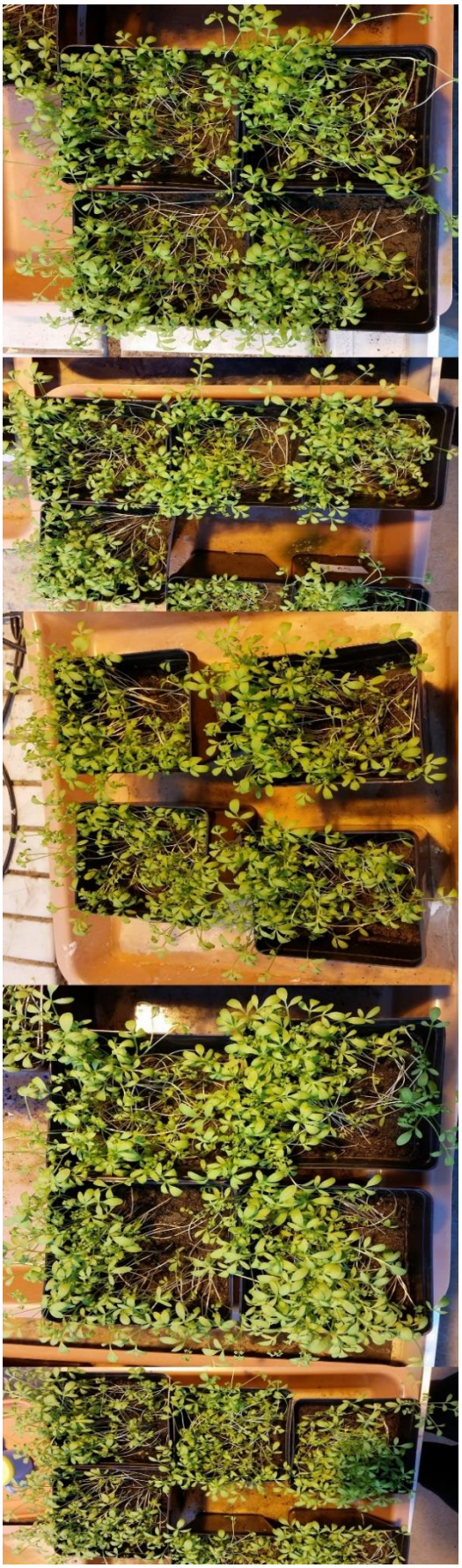


Foto č. 12: 5. kontrola růstu – 2. pokus

Foto č. 13: 2. pokus těsně před sklizní

Foto č. 14: Čerstvá biomasa před usušením

Foto č. 15: Usušená hmota nadzemní části rostlin

Foto č. 16: Převedení substrátů na průměrné vzorky + příprava pro rozbor