

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Vermikompostování vyplozeného substrátu po pěstování
hub**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jana Hloušková

Obor studia: Technologie zpracování a využití odpadů

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

Konzultant: Ing. Tereza Částková

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vermikompostování vyplozeného substrátu po pěstování hub" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13.4.2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala všem, kteří mi pomáhali, v první řadě hlavně vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Alešovi Hančovi, Ph.D., a konzultantce Ing. Tereze Částkové, za jejich pomoc, cenné rady a věnovaný čas. Dále bych chtěla poděkovat celé mé rodině za jejich podporu během celého studia.

Diplomová práce byla vytvořena v rámci projektu NAZV č. QJ1530034 „Legislativní podklady pro větší uplatnění kompostů, zejména vermikompostu, na zemědělskou půdu“.

Vermikompostování vyplozeného substrátu po pěstování hub

Souhrn

Cílem této diplomové práce bylo zjistit vhodnost vyplozených substrátů pro vermikompostování, vyhodnotit jednotlivé parametry vyplozených substrátů i vzniklých vermikompostů. Byl vybrán vyplozený substrát hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*), korálovce ježatého (*Hericium erinaceus*) a žampionu mandlového (*Agaricus blazei*). Pokus byl proveden v roce 2017 ve vermikompostovací laboratoři na pokusné stanici FAPPZ v Červeném Újezdu. Pro vermikompostování byl vybrán druh žížal *Eisenia andrei* a byl použit patrový vermikompostér Worm Factory. Byly založeny vždy dva vermikompostéry s jedním druhem vyplozeného substrátu, první obsahoval násadu se žížalami a druhý byl kontrolní, bez žížal. Celkem bylo založeno 6 vermikompostérů. V průběhu pokusu byly přidány další patra s vyplozeným substrátem hub a na konci pokusu měl každý vermikompostér 4 patra (vrstvy).

Po skončení pokusu byly odebrány vzorky, ze kterých byly zjištěny agrochemické parametry (obsah sušiny, pH, měrná vodivost, poměr C:N, celkové a přístupné obsahy K, Mg a P) jednotlivých vrstev i samotných vyplozených substrátů hub. Bylo zjištěno, že vybrané parametry jednotlivých vyplozených substrátů hub jsou odlišné. Z použitých vyplozených substrátů měl nejnižší obsah makro živin substrát hlívy ústřičné a naopak jejich nejvyšší obsah měl vyplozený substrát žampionu mandlového. Vzniklé vermikomposty z jednotlivých vyplozených substrátů měly také odlišné parametry a obsahy makro živin. Bylo zjištěno, že produkty pocházející z kontrolních vermikompostérů, bez žížal, měly vyšší podíl přístupných živin pro rostliny než vermikomposty z vermikompostérů se žížalami. Ze sledovaných makro živin měl ve vermikompostech nejvyšší podíl draslík. Jako nejvhodnější substrát pro vermikompostování se jevil vyplozený substrát z hlívy ústřičné, neboť zde byl zaznamenán nejvyšší počet žížal.

Klíčová slova: vyplozený houbový substrát, žížaly, průběžné krmení, agrochemické a biologické vlastnosti

Vermicomposting spent mushroom substrate

Summary

The aim of this diploma thesis is to determine the suitability of spent mushroom substrate for vermicomposting, and to evaluate individual parameters of spent mushroom substrate as well as vermicomposts. In the experiment, three spent mushroom substrates of *Pleurotus ostreatus*, *Hericium erinaceus* and *Agaricus blazei* were used. The experiment was carried out in 2017 in a vermicomposting laboratory at the FAFNR Experimental Station in Červený Újezd, the species of earthworm *Eisenia andrei* and the Worm Factory storey vermicomposter were used for the vermicomposting. There were two vermicomposters with one type of spent mushroom substrate, the first one contained earthworms, and the second one was control—without earthworms. In total, 6 vermicomposters were made. Additional storeys with a spent mushroom substrate were added during the experiment, and at the end of each experiment, each vermicompost had 4 storeys.

At the end of the experiment samples were taken up to determine the agrochemical parameters (dry matter content, pH, electrical conductivity, C:N ratio, the total and the available contents of K, Mg and P) of the individual layers and the spent mushroom substrates. We found out that the selected parameters of the various spent mushroom substrates are different. The lowest contents of the macro-nutrients from all spent mushroom substrates were found in the spent substrate of *Pleurotus ostreatus*, on the other hand, the highest content of the macro-nutrients were found in the spent substrate of *Agaricus blazei*. The vermicomposts from the individual spent mushroom substrates also had different parameters and contents of macro-nutrients. We found out that products originating from control vermicomposters, free of earthworms, had a higher proportion of available nutrients for plants than vermicomposts originating from the vermicomposts with the earthworms. Potassium had the highest amount in vermicomposts, from all nutrients. As the most suitable substrate for vermicomposting was the spent mushroom substrate of *Pleurotus ostreatus*, because the highest number of earthworms was found in this vermicompost.

Keywords: spent mushroom substrate, earthworms, continuous feeding, agrochemical and biological parameters

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce	2
2.1 Hypotézy.....	2
3 Přehled literatury	3
3.1 Vermikompostování.....	3
3.1.1 Materiál vhodný k vermikompostování	3
3.1.2 Podmínky vermikompostování	4
3.1.3 Používané druhy žížal při vermikompostování	5
3.1.4 Rozdíly mezi vermikompostováním a kompostováním	7
3.1.5 Domácí vermikompostování.....	9
3.2 Pěstování hub.....	11
3.2.1 Hlíva ústříčná – <i>Pleurotus ostreatus</i>	12
3.2.2 Žampion mandlový – <i>Agaricus blazei</i>	14
3.2.3 Korálovec ježatý – <i>Hericiium erinaceus</i>	17
3.2.4 Vyplozený substrát po pěstování hub	18
4 Materiál a metody	20
4.1 Metodika pokusu.....	20
4.1.1 Materiál.....	20
4.1.2 Vermikompostování a příprava vzorků	20
4.2 Agrochemické a biologické analýzy.....	22
4.3 Statistické analýzy	23
5 Výsledky	24
5.1 Vyplozené substráty	24
5.2 Vermikompostéry s vyplozeným substrátem hlívy ústříčné	25

5.2.1	Vermikompostér 1	25
5.2.2	Vermikompostér 2	27
5.3	Vermikompostéry s vyplozeným substrátem korálovce ježatého.....	29
5.3.1	Vermikompostér 3	29
5.3.2	Vermikompostér 4	31
5.4	Vermikompostéry s vyplozeným substrátem žampionu mandlového.....	33
5.4.1	Vermikompostér 5	33
5.4.2	Vermikompostér 6	35
5.5	Srovnání vermikompostů z vyplozených substrátů	37
6	Diskuze	38
7	Závěr.....	41
8	Seznam literatury	42
9	Přílohy	53

1 Úvod

Houby jsou oblíbené zejména pro jejich použití v kuchyni, ale jsou využívány i pro své léčivé účinky. Proto se houby začaly produkčně pěstovat a jejich produkce celosvětově roste. Největší produkce je zejména v asijských zemích, kde jsou pěstovány především léčivé druhy, zatímco v Evropě jsou nejčastěji pěstovány houby určené pro konzumaci. Léčivé houby jsou do Evropy dováženy převážně ve formě potravinových doplňků (Tlustoš a kol., 2016). Řada z pěstovaných druhů, nemá vysoké nároky na pěstování, proto je lze pěstovat i v domácnostech.

Nejčastěji se pěstují dřevokazné druhy hub, které se pěstují na dřevě, nebo v substrátech, které jsou tvořeny ze směsi lignocelulózových materiálů (Jablonský a Šašek, 2006). Po pěstování hub vznikne vedlejší produkt – vyplozený substrát. S rostoucí produkcí hub roste i množství tohoto substrátu. Vyplozené substráty jsou biologicky rozložitelné a lze je využít v zemědělství nebo zahradnictví jako hnojivo. Není vhodné aplikovat na půdu čerstvé vyplozené substráty, je potřeba produkt stabilizovat. Nejčastěji je stabilizován kompostováním, ale rychlejší metodou je vermikompostování (Ahlawat a Sagar, 2007).

Vermikompostování je stejně jako kompostování aerobní proces, při kterém dochází k degradaci biologicky rozložitelných materiálů. Termín vermikompostování pochází ze slova vermis, latinsky červ (Plíva a kol., 2016). Při tomto procesu je využívána činnost žížal. Žížaly patří k významným bezobratlým živočichům žijícím se zejména odumřelou organickou hmotou rostlinného původu. Žížaly jsou často nazývány ekosystémovými inženýry, protože mění strukturu svého prostředí. Pohyb žížal a jejich exkrementy pozitivně ovlivňují aktivitu mikroorganismů a tím mimo jiné probíhá proces rozkladu organické hmoty rychleji (Pižl, 2002).

Tato diplomová práce obsahuje literární přehled, který se zabývá vermikompostováním a vybranými druhy hub, jejich charakteristikou a pěstováním. V druhé části je popsán a vyhodnocen pokus, při kterém byl vermikompostován vyplozený substrát tří druhů hub.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo určit vhodnost vermikompostování vyplozeného substrátu po pěstování hub. Byly vybrány 3 druhy hub (hlíva ústříčná, korálovec ježatý, žampion mandlový), jejichž vyplozený substrát byl vermikompostován a posuzován. Vermikompostování bylo hodnoceno na základě agrochemických a biologických vlastností jednotlivých vrstev vermikompostu.

2.1 Hypotézy

1. Agrochemické a biologické parametry vyplozených substrátů se budou od sebe lišit v závislosti na pěstovaném druhu houby.

2. Stanovované parametry jednotlivých vrstev vermikompostovaných substrátů budou odlišné.

3. Žížaly budou odlišně reagovat na vyplozené substráty různých druhů hub.

3 Přehled literatury

3.1 Vermikompostování

Vermikompostování je velmi účinný způsob přeměny pevného organického odpadu na ekologicky šetrný, užitečný a cenný zdroj. Jedná se o urychlený proces, který zahrnuje biologickou oxidaci a stabilizaci odpadů v důsledku interakcí mezi některými druhy žížal a mikroorganismy (Domínguez a kol., 2010). Žížaly míchají a zpracovávají organickou hmotu. Jejich činností se mimo jiné zvětšuje povrch organické hmoty a ta se stává pro mikroorganismy přístupnější (Domínguez a kol., 1997).

Proces vermikompostování zahrnuje dvě různé fáze (aktivní a dozrávací). V aktivní fázi žížaly zpracovávají organický materiál, při čemž dochází ke změně fyzikálních vlastností a mikrobiálního složení (Lores a kol., 2006). V dozrávací fázi se žížaly přesouvají k čerstvé vrstvě nezpracovaného materiálu, mikroorganismy pokračují v rozkladu zpracovávaného substrátu (Aira a kol., 2007).

Délka fází závisí na složení kompostovaného materiálu a druhu žížal (Domínguez a kol., 2010), nejčastěji se používají *Eisenia fetida* S. nebo *Eisenia andrei* B. (Pižl, 2002). Konečným produktem této technologie je vermikompost, který je využíván jako kvalitní organické hnojivo pro zemědělské použití (Tajbakhsh et al., 2011).

3.1.1 Materiál vhodný k vermikompostování

Při vhodné koncentraci a úpravě zvládnou žížaly zpracovat všechny druhy organických odpadů (Zajonc, 1992). Nejvhodnější surovinou je předkompostovaný substrát z hnoje, rostlinných zbytků, slámy, navlhčeného papíru, odpadů ze zeleniny a ovoce (Plíva a kol., 2016). Nevhodné materiály pro vermikompostování jsou materiály živočišného původu, jako maso, kosti apod. (Adhikary, 2012).

Žížaly se živí organickou hmotou, ale pouze 40 % využívají pro svoji výživu, zbytek vyloučí ve formě exkrementů (Ndegwa a kol., 2000; Carrasquero–Durán a kol., 2009). Rychlost zpracování substrátu závisí zejména na podmínkách prostředí a stravitelnosti materiálu. V ideálních podmínkách mohou denně zkonsumovat větší množství potravy, než je jejich hmotnost, ale většinou denně zkonsumují množství, které zhruba odpovídá polovině jejich hmotnosti (Plíva a kol., 2016). Je důležité se vyvarovat překrmování žížal. V nadměrném

množství potravy by mohlo dojít k tlení. Během tlení se zvýší teplota a může dojít k zahubení žížal (Ndegwa a kol., 2000; Kalina, 2016).

Vermikomposty mohou být připraveny z kuchyňského odpadu, zemědělského odpadu, z biologicky rozložitelného městského odpadu (Khwairakpam a Bhargava, 2009; Adhikary, 2012) a z potravinářského odpadu (Garg a kol. 2012). Existuje mnoho studií, které potvrzují vhodnost různých materiálů pro vermikompostování např. rostlinné odpady z trhů (Suthar, 2009), kaly z čistíren odpadních vod (Khwairakpam a Bhargava, 2009; Garg a Gupta, 2011), odpad z pěstování rajčat (Fernández–Gómez a kol., 2010), jablečné výlisky (Hanč a Chladimová, 2014).

3.1.2 Podmínky vermikompostování

Pro úspěšné vermikompostování je důležité zajistit žížalám vhodné podmínky pro život. Jeden z nejdůležitějších parametrů je vlhkost (Pižl, 2002). Optimální vlhkost substrátu pro růst a vývoj žížal je 70 – 80 % (Chauhan, 2014). Substrát by tedy měl být schopný absorbovat a zadržovat vodu. Pokud je vlhkost nižší, zpomaluje se růst, dospívání i rozmnožování (Munroe, 2007). Při vlhkosti nižší než 60 % a vyšší než 90 %, dochází k úhynu žížal (Kollárová a kol., 2007). Vlhkost lze zvýšit kropením, ale je nezbytné zajistit, aby mohla přebytečná voda odtékat (Zajonc, 1992).

Materiál by neměl být příliš hutný, musí být dostatečně porézní a musí obsahovat dostatečné množství kyslíku (Zajonc, 1992), neboť žížaly dýchají kůží (Pižl, 2002). Žížaly potřebují minimálně 15 % obsahu kyslíku v prostředí (Zajonc, 1992). Jsou velmi citlivé na vysoký obsah solí. Vodní výluh z vermikompostovatelného materiálu by měl mít měrnou vodivost do 10 mS.cm⁻¹ (Plíva a kol., 2016). Materiál nesmí obsahovat vysoké množství amoniaku nebo bílkovin (Kollárová a kol., 2007).

Organický uhlík a anorganický dusík je důležitý pro růst a metabolismus buněk u všech živých organismů. Pro zajištění správné výživy žížal při vermikompostování musí být v substrátech přítomen uhlík a dusík ve správném poměru. Optimální poměr C:N je 25:1 (Ndegwa a Thompson, 2000). Poměr C:N je důležitým parametrem, pro posouzení stability materiálu (Garg a Grupta, 2011). Při poklesu poměru na méně než 20, lze označit vermikompost jako stabilizovaný materiál (Senesi, 1989). V 11 studiích se jako dokončený (stabilizovaný) produkt označoval poměr C:N, který klesl na 20 – 30 (Abbasi a kol., 2015). Slejška (1999) jako maximální poměr C:N vermikompostu uvádí 30:1.

Žížaly preferují neutrální pH, ale jsou schopny tolerovat pH 5 – 8 (Chauhan, 2014). Důležité je zajistit dostatek potravy (Munroe, 2007). Vlastní exkrementy jsou pro žížaly jedovaté, a proto se přemísťují za potravou. Žížaly jsou schopny zkonsumovat množství odpovídající čtvrtině až polovině jejich hmotnosti, zkonsumované množství závisí na okolních podmínkách. Při nízké vlhkosti nebo vysoké teplotě spotřeba potravy klesá (Zajonc, 1992).

Teplota je velmi důležitou podmínkou pro úspěšné množení a rychlý růst žížal. Optimální teplota je mezi 15 až 25 °C. Při teplotě se okolo 15 °C dochází u žížal k větší konzumaci potravy a při teplotě 25 °C dochází k vyšší reprodukci. Při teplotách nižších než 10 °C a vyšších než 25 °C dochází k výraznému poklesu činnosti žížal. Vysoké teploty nad 35 °C způsobují úhyn (Plíva a kol., 2016), proto je nutné při teplotě nad 25 °C chránit vermikompostér před přímým slunečním zářením pomocí zastínění. Žížaly by měly být dále chráněny proti ptákům, krtekům a hlodavcům (Adhikary, 2012).

3.1.3 Používané druhy žížal při vermikompostování

Rozlišujeme tři základní skupiny žížal dle místa výskytu:

- Anektické – hlubinné žížaly, které mají nory hluboko v minerálních vrstvách půdy, na povrch se dostávají pouze v noci pro potravu, živí se čerstvě odumřelou organickou hmotou
- Endogeické – žijí v horních minerálních vrstvách půdy, převážně se živí více rozloženou organickou hmotou, která je vázaná na půdní částice, na povrch se dostávají výjimečně
- Epigeické – žijí na povrchu půdy, živí se rozkladem čerstvě odumřelé organické hmoty, epigeické žížaly jsou nejvhodnější pro vermikompostování (Munroe, 2007)

Druhy vhodné pro vermikompostování by měly mít určité specifické vlastnosti. Měly by mít vysokou spotřebu organické hmoty a rychlou reprodukci, tj. velké množství kokonů, rychlý růst a vývoj mláďat (Domínguez a Edwards, 2004). Nejvhodnější a nejčastěji používané druhy pro vermikompostování jsou žížala hnojní (*Eisenia fetida*) a žížala kalifornská (*Eisenia andrei*) (Pižl, 2002).

Přirozený biotop *Eisenia fetida* jsou silně zamokřené půdy v jehličnatých i listnatých lesích. Hojně je rozšířen v hnoji a kompostech. Druh *Eisenia andrei* se u nás ve volné přírodě nevyskytuje. Původní rozšíření bylo ve Francii, Itálii a pravděpodobně i na jiných místech jižní

a střední Evropy. Kvůli vhodnosti pro vermikompostování byl tento druh rozšířen téměř po celém světě. (Pižl, 2002).

Tab. 1: Srovnání vybraných parametrů druhu *Eisenia fetida* a *Eisenia andrei* (Pižl, 2002)

druh		<i>Eisenia fetida</i>	<i>Eisenia andrei</i>
tělo	délka	50 – 150 mm	50 – 90 mm
	průměr	2 – 5 mm	2 – 4 mm
	počet článků	80 – 120	80 – 120
	zbarvení	růžovočervené až červenofialové	tygrováné tj. s výrazným růžovo–fialovým příčným pruhem uprostřed každého článku.
kokony	délka	2,4 – 5,2 mm	1,8 – 3,9 mm
	šířka	2,3 – 4,4 mm	1,6 – 3,4 mm

Oba druhy mají velmi podobné vlastnosti (Domínguez a Edwards, 2004). Jediný morfologický rozdíl mezi *Eisenia fetida* a *Eisenia andrei* je jejich zbarvení (Reinecke a Viljoen, 1991). Během laboratorních pokusů bylo zjištěno, že *Eisenia andrei* produkuje větší množství oxidu uhličitého, protože má intenzivnější životní pochody, a proto spotřebovává více potravy. *Eisenia andrei* produkuje kokony s větším počtem mláďat (Zajonc, 1992). Z důvodů rychlejší reprodukce a vyšší spotřeby organického materiálu se pro vermikompostování doporučuje druh *E. andrei* (Domínguez, 2004).



Obr. 1: Žížaly kalifornské – *Eisenia andrei* (foto vlastní).



Obr. 2: Žížaly hnojní – *Eisenia fetida*

(<https://i.pinimg.com/originals/33/c1/9d/33c19dffe217d4961d1c9b0b4ca7d554.jpg>)

3.1.4 Rozdíly mezi vermikompostováním a kompostováním

Kompostování je definované jako biologická degradace a stabilizace organických substrátů za řízených termofilních a aerobních podmínek, vede k výrobě kvalitního kompostu, který lze použít jako organické hnojivo (Haug, 1993). Kompost zlepšuje fyzikální vlastnosti půdy tím, že zvyšuje její schopnost zadržovat vodu a dodávat organické živiny (Hargreaves a kol., 2008). Výživová kvalita vzniklého kompostu je určena vlastnostmi kompostovaného materiálu (Domínguez a kol., 2010). Dlouhá doba procesu, časté provzdušňování, ztráta živin a heterogenní produkt jsou nejčastějšími nevýhodami tradičního kompostování (Nair a kol., 2006).

Kompostování je charakteristické termofilním stupněm 50 – 70 °C (Kalina, 2016), který umožňuje dezinfekci odpadů a eliminaci patogenních mikroorganismů (Lung a kol., 2001). Vermikompostování je mezofilním procesem (<35 °C), to znamená, že substráty nepodléhají tepelné stabilizaci, která eliminuje patogeny. U vermikompostování dochází k hygienizaci přibližně po 70 dnech procesu (Edwards a kol., 2010).

Mikrobiální procesy jsou ovlivněny vlhkostí. Vlhkost kompostu závisí na aktivitě mikroorganismů a biologické oxidaci materiálu. Optimální vlhkost během kompostování je 50 – 60 % (Kalina, 2016). Při vlhkosti pod 40 % dochází ke zpomalení aktivity mikroorganismů. Při vysoké vlhkosti se póry ucpávají vodou, čímž vzniká nežádoucí anaerobní prostředí. Při vermikompostování je pro život žížal naopak nutná vysoká vlhkost až okolo 80 % (Plíva, 2006).

Během kompostování je nutné materiál pravidelně promíchávat. Organismy potřebují vysoké množství kyslíku, aby mohly materiál zpracovávat. Promícháváním kompostu zajistíme dostatečný přísun kyslíku. Dalším důvodem promíchávání je homogenizace materiálu, která v celém objemu zabezpečí stejné podmínky (Kalina, 2016). Promíchávání materiálu často probíhá

pomocí stojů, jejichž pořízení a použití výrazně zvýší náklady na kompostování (Ndegwa a Thompson, 2001). V průběhu vermikompostování je také potřebné promíchávání, ale na rozdíl od kompostů ho zde zajišťují právě žížaly (Adhikary, 2012).

V průběhu kompostování a vermikompostování dochází k uvolňování skleníkových plynů (Lim a kol., 2016). Při vermikompostování jsou nižší emise oxidu dusného a metanu než při kompostování. Ve srovnání s kompostováním dochází při vermikompostování k menším ztrátám dusíku. (Nigussie a kol., 2016).

Žížaly mohou urychlit proces rozkladu organické hmoty (Ndegwa a Thompson, 2001). Hotový vermikompost má vyšší obsah živin než kompost, což je způsobeno zvýšenou rychlostí mineralizace a humifikace (Edwards a Fletcher, 1988). Stejně tak obsahuje vyšší množství mikroorganismů a enzymů, které hrají důležitou roli při transformaci živin (Aira a kol., 2007). Ve srovnání s klasickým kompostem je vermikompost homogennější a jemnější (Hanč a Drešlová, 2016).

Vermikompostování zahrnuje počáteční investice na zakoupení násady žížal. Pokud proces správně probíhá, nákup dalších násad není potřeba (Hanč a Plíva, 2013). Žížaly, které se rozmnožily během vermikompostování, mohou být použity na nové zakládky, prodány dalším zájemcům o vermikompostování, nebo je lze použít jako krmivo pro zvířata (Munroe, 2007). Zdá se, že vermikompostování je vhodnější a efektivnější technologie, která přeměňuje organický odpad na cenné organické hnojivo (Tajbakhsh a kol., 2011).

Kompostování a vermikompostování jsou rozšířené metody biologické stabilizace organických odpadů (Lung a kol., 2001). Obě techniky mají své výhody a nevýhody. Správné propojení těchto dvou metod může zrychlit proces a zlepšit kvalitu konečného produktu. První možností propojení metod je nejprve materiál předkompostovat. V průběhu vysokých teplot během termofilní fáze dochází ke snížení obsahu patogenů, poté je předkompostovaný materiál zpracováván žížalami (Ndegwa a Thompson, 2001). Tento způsob se prokázal být efektivní u kuchyňského bioodpadu. Během termofilní fáze se zlepšila stravitelnost materiálu pro žížaly a byla snížena teplota (Hanč a Plíva, 2013). Druhou možností je nejprve materiál vermikompostovat a poté kompostovat. Činností žížal se zvýší obsah mikroorganismů v materiálu a následné kompostování bude rychlejší. Propojením metod je výsledný produkt stabilnější a kvalitnější (Ndegwa a Thompson, 2001).

3.1.5 Domácí vermikompostování

Možností odstraňování biologicky rozložitelného odpadu z domácností je kompostování, vermikompostování či sběr biologicky rozložitelného odpadu a jeho následný odvoz ke zpracování

Klasické kompostování vyžaduje prostor na zahradě, který není vždy k dispozici. Vhodnou alternativou pro vlastní hospodaření s bioodpady je vermikompostování, které vyžaduje výrazně méně prostoru (Lleó a kol., 2013). Proto je tato metoda vhodná i pro domácnosti, které nemají zahradu. K domácímu vermikompostování se používá vermikompostér.

Na trhu se vyskytuje v několika provedení, Také ho lze snadno vyrobit z neprůhledné plastové nádoby nebo ze dřeva (Kalina, 2016). Vermikompostér je nejčastěji plastová nádoba složená z několika pater. Jednotlivá patra se plní postupně bioodpady z domácnosti. Perforovaná dna jednotlivých nádob (pater) umožňují odtok přebytečné vody a pohyb žížal. Vermikompostér lze umístit téměř kamkoliv, např. do garáže, na chodbu nebo balkón. Důležité je vybrat místo, kde bude teplota okolo 20 °C a zajistit dostatečnou vlhkost substrátu. V zimě nesmí být venku bez izolace a v průběhu letních měsíců je důležité zabránit přímému slunečnímu záření, aby nedocházelo k přehřívání a odparu vody (Hanč a Plíva, 2013).

Při zakládání je potřeba připravit podestýlku, která bude společně s násadou umístěna na dno nádoby. Jako podestýlku je vhodné použít roztrhaný navlhčený papír, trávu, listí nebo hobliny. Kvalitní podestýlka poskytne optimální podmínky pro množení žížal. Násadu žížal je nutné zasypat vrstvou bioodpadu. Žížaly je vhodné krmit zbytky ovoce a zeleniny, kávovou sedlinou, nebo vylouhovaným čajem. Velké kusy bioodpadu je nutné zmenšit, aby byly pro žížaly stravitelné. Mléčné výrobky, maso, kosti a ryby nejsou pro vermikompostování vhodné (Kalina, 2016).

Při správném fungování je vermikompostování bez zápachu, nákladově efektivní a produkuje lepší vermikompost, který má lepší dostupnost živin než kompost z tradičního kompostování (Singh a kol., 2011). Proto lze domácí vermikompostování označovat jako vhodnou alternativu k tradičnímu systému nakládání s bioodpady (Lleó a kol., 2013).



Obr. 3: Domáci vermikompostér Urbalive (foto vlastní).



Obr. 4: Kuchyňský bioodpad ve vermikompostéru (foto vlastní).

3.2 Pěstování hub

Houby – Fungi tvoří samostatnou říši, která zahrnuje velmi početnou skupinu eukaryotických heterotrofních organismů (Kalina a Váňa, 2010).

Houby jsou používány jako potraviny nebo léky po tisíce let. První záznamy o konzumaci hub jsou známy ze starověkého Řecka a Říma (Mieslorová a kol., 2016). O léčivých účincích hub existují písemné zmínky pocházející z doby před pěti tisíci lety z Indie (Valíček, 2011). Léčivé účinky hub jsou využívány tradiční čínskou medicínou (Tlustoš a kol., 2016).

Vzhledem k nízkému obsahu tuku a nepřítomnosti cholesterolu jsou mnohé druhy vynikajícím zdrojem bílkovin (Xu a kol., 2011). Houby obsahují relativně vysoké množství esenciálních aminokyselin a minerálních látek. Dále bylo zjištěno, že obsahují látky snižující hladinu cholesterolu a ovlivňující krevní tlak (Kalina a Váňa, 2010). Houbové polysacharidy, nejčastěji glukany, mají imunostimulační a protirakovinné účinky (Jablonský a Šašek, 2006). Houbová vláknina zahrnuje široké množství nestravitelných sacharidů, zejména chitin, který podporuje peristaltiku a činnost střev (Valíček, 2011).

V druhé polovině dvacátého století se začala rozvíjet produkce hub (Valíček, 2011). Pěstování hub je nejrozšířenější v jihovýchodní Asii. Zde jsou houby využívány mimo konzumace i jako výživový doplněk a při léčbě různých civilizačních nemocí (Tlustoš a kol., 2016). Celosvětová produkce hub se odhaduje na 29 miliónů tun ročně (Mieslorová a kol., 2016). Výrazné zvýšení produkce hub bylo způsobeno prudkým rozvojem jejich pěstování v Číně (Tlustoš a kol., 2016). Ročně se v Číně vypěstuje 24 miliónů tun hub. Nejčastěji pěstovaným druhem v Číně jsou hlívy, s produkcí 6 miliónů tun ročně. Ve Spojených státech amerických a Evropě je produkce změřena zejména na žampiony (Mieslorová a kol., 2016). Pěstování léčivých druhů je v Evropě na nízké úrovni. Většina léčivých hub je proto dovážena z asijských zemí ve formě doplňků stravy (Tlustoš a kol., 2016).

V roce 2016 v České republice produkce dosáhla 561 tun hub (FAOSTAT, 2018) a spotřeba byla 2,8 kg na jednoho obyvatele (Buchtová, 2018). Pěstování hub a zejména podmínky jejich prodeje, skladování a označení jsou upraveny zákonem č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, a nařízením EU č. 543/2011. V příloze novely č. 291/2010 Sb., kterou se mění vyhláška č. 157/2003 Sb., je uveden seznam celkem 22 druhů, pěstovaných jedlých hub, které jsou určeny k přímému prodeji nebo k dalšímu průmyslovému zpracování pro potravinářské účely. Nejčastěji se u nás pěstují žampiony a hlívy (Lepšová, 2005).

V průběhu pěstování hub je nejdůležitější zajistit optimální podmínky a vybrat vhodný substrát pro růst mycelia. Základními surovinami jsou zemědělské odpady (sláma, hnůj, piliny). K výrobě substrátu pro pěstování hub bylo popsáno přibližně 200 použitelných odpadních materiálů (Jablonský a Šašek, 2006). Pěstování hub je vynikající způsob, jak využívat zemědělské odpady (Alemu a Fisseha, 2015).

Výběr substrátu závisí na způsobu rozkladu organické hmoty. Podle rozkladu jsou substráty pro pěstování rozděleny na základní tři typy substrátů (Valíček, 2011):

- **Fermentované substráty** – typický substrát pro pěstování žampionů, připravuje se fermentací, při které dochází k přeměně složitých organických látek (celulóza, hemicelulóza) na dusíkem bohatý ligninohumusový komplex (Jablonský a Šašek, 2006).
- **Lignocelulózové substráty** – materiály, které jsou na bázi celulózy, zejména odpady ze zemědělských odpadů, např. sláma, piliny, dřevo, dřevní štěpka (Paulová a kol., 2010), kokosové vlákno, papír, bavlníkové zbytky, tento typ se používá pro pěstování hlív (Valíček, 2011).
- **Dřevní substráty** – pro dřevokazné houby, které rostou pouze na dřevě, např. houževnatec jedlý (shiitake) – *Lentinula edodes* (Berk.), lesklokorka lesklá – *Ganoderma lucidum* (Curtis) jako materiál se používají směsi pilin nebo dřevo (Jablonský a Šašek, 2006).

3.2.1 Hlíva ústříčná – *Pleurotus ostreatus*

Systematické zařazení (Kalina a Váňa, 2010):

Říše: houby (Fungi)

Oddělení: houby stopkovýtrusné (Basidiomycota)

Třída: stopkovýtrusné (basidiomycetes)

Podtřída: houby rouškaté (Agaricomycetidae)

Řád: lupenotvaré (Agaricales)

Čeleď: Hlívovité (Pleurotaceae)

Rod *Pleurotus* je kosmopolitní skupina hub s vysokou nutriční hodnotou a léčebnými vlastnostmi. Existuje více než 200 druhů (Corrêa a kol., 2016). *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) Kumm je nejpěstovanější druh léčivé houby na světě (Tlustoš a kol., 2016).



Obr. 5: Pěstování hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*).

(<http://www.mushroomfarmingbusiness.com/wp-content/uploads/2013/03/mushroom-farming002.jpg>)

Hlíva je saprotrof či saproparazit, který roste na pařezech i kmenech listnatých stromů. Roste v lese i mimo les, nejčastěji na topolech, vrbách, ořešákách, jasaněch, bucích a dubech (Mieslorová a kol., 2016) v oblastech mírného klimatického pásma. Plodnice často tvoří bohaté trsy, které jsou střechovitě nad sebou. Vyrůstají od podzimu až do jara (Valíček, 2011).

Z medicinského hlediska se jedná o významný druh. Působí proti virovým, plísňovým a bakteriálním infekcím. Snižuje hladinu cholesterolu v krvi a preventivně působí proti srdečním onemocněním (Mieslorová a kol., 2016).

Hlíva patří mezi houby s bílou hnilobou (Belletini a kol., 2016). Je schopná kolonizovat a degradovat velké množství lignocelulózových substrátů a jiných odpadů, které vznikají především činností zemědělského, lesního a potravinářského průmyslu (Fernandes a kol., 2015). Vyžaduje kratší dobu růstu ve srovnání s jinými jedlými houbami. Substrát pro jejich pěstování nevyžaduje sterilizaci, pouze pasterizaci, která je levnější. Rostoucí houby přeměňují vysoké procento substrátu na plodnice, což zvyšuje produkci. Hlíva ústříčná není často napadána chorobami či škůdci, z tohoto důvodu se jedná o vhodný druh pro pěstování (Sánchez, 2010). Nevýhodou je ztráta kvalit po sklizni, protože podmínky skladování jsou zcela odlišné od podmínek průběhu pěstování (Li a kol., 2013).

Hlívu lze pěstovat extenzivním i intenzivním způsobem. V pěstírnách, kde probíhá intenzivní pěstování, se nejčastěji používá jako substrát sláma a jiné lignocelulózové odpady (Jablonský a Šašek, 2006). Materiál je nutné namočit, aby se zvýšila vlhkost na 75 %. Substrát se musí tepelně upravit. V pěstírnách se k pasterizaci většinou používá pára o teplotě 60 – 70 °C. Pasterizace by měla trvat několik hodin. Pro potlačení růstu mikromycetů, je doporučováno v substrátu namnožit některé druhy bakterií (např. *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Bacillus*). Připravený mokrý materiál se promíchá se sadbou hlívy. Do 25 kg mokrého materiálu by mělo být aplikováno 0,5 – 1 kg sadby. Vzniklým substrátem s hlívou se plní pěstební jednotky. Mohou to být různé plastové přepravky, polyetylenové pytle nebo slisované balíky zabalené folií. Po naplnění pytlů či balíku musí být vytvořeny otvory. Optimální teplota v pěstírně je mezi 18 – 20 °C. Důležité je větrat a udržovat vlhkost mezi 80 – 85 % (Mieslorová a kol., 2016). Nejčastěji se sklízí pouze dvě sklizňové vlny. První sklizňová vlna začíná přibližně po měsíci od osázení substrátu a trvá několik dní. Druhá vlna bývá výrazně nižší (Jablonský a Šašek, 2006).

Druhou možností je pěstovat hlívu ve dřevě. Tento způsob se používá pro domácí pěstování hlívy. Do špalků listnatých stromů, zdravých a pokácených během vegetačního klidu se nejlépe na jaře naočkuje hlíva. Naočkované špalky by se měly uložit na vlhké a stinné místo (např. do sklepa). Dřevo je nutné chránit před vysycháním a pro prorůstání mycelia je potřeba zajistit teplotu mezi 10 – 28 °C (Mieslorová a kol., 2016). Dřevo dostatečně proroste myceliem přibližně za 4 měsíce, poté ho lze vysadit do půdy na stinné místo. Ve vlhčích oblastech by měla být v půdě zhruba jedna třetina špalku a v sušších dvě třetiny. Plodit začne na měkkém dřevě (bříza, topol, vrba) na podzim téhož roku. Při použití tvrdého dřeva (buk, dub) se plodnice vytvoří až následující rok (Jablonský a Šašek, 2006).

3.2.2 Žampion mandlový – *Agaricus blazei*

Systematické zařazení (Kalina a Váňa, 2010):

Říše: houby (Fungi)

Oddělení: houby stopkovýtrusné (Basidiomycota)

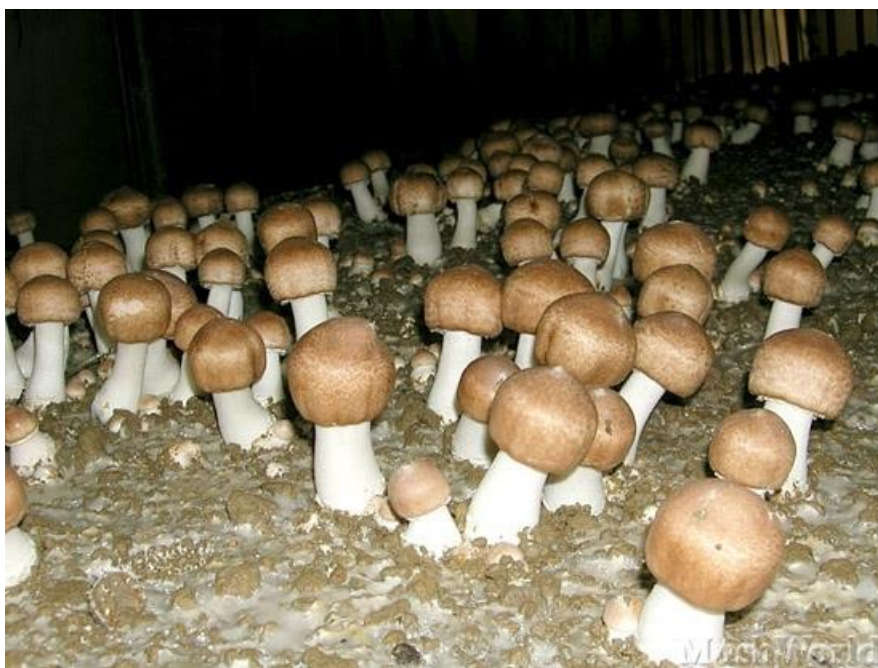
Třída: stopkovýtrusné (basidiomycetes)

Podtřída: houby rouškaté (Agaricomycetidae)

Řád: lupenotvaré (Agaricales)

Čeleď: pečárkovité (Agaricaceae)

Agaricus blazei Murill byl poprvé objeven na Floridě v roce 1944. Jeho hlavním stanovištěm je okolí vesnice Piedade u Sao Paulu v Brazílii. V této oblasti byl zjištěn nízký obsah civilizačních nemocí, protože lidé využívali *A. blazei* jako součást své pravidelné stravy. V roce 1965 byl převezen do Japonska, kde začal být pěstován a od 80. let byly hodnoceny jeho léčivé vlastnosti (Mizuno, 2002). Tato brazilská houba je označována různými jmény (Kerrigan, 2005). Nejčastěji se jako synonymum uvádí *A. brasiliensis* Wasser a *A. subrufescen* Peck (Valíček, 2011; Benetati a kol., 2014). Je nazýván "mandlovou houbou" kvůli mandlové chuti (Kerrigan, 2005).



Obr. 6: Pěstování žampionu mandlového (*Agaricus blazei*).

(<http://www.hongosbiofactory.com/galeria-de-imagenes/cultivo-de-hongos-exoticos>)

Při porovnání s ostatními druhy žampionů má delší a silnější třeň. Jeho chuť je sladká a voní po mandlích. Klobouk má zvonkovitý až polokoulovitý, u starších plodnic až plochý. Třeň je bílá, ale při poškození a v místě otlaku je zbarvená do žlutohněda. Starší plodnice mohou mít ve třeni dutiny. V dutinách dochází k hromadění sladké tekutiny, která obsahuje vysoké množství glukanu. (Jablonský a Šašek, 2006).

Existují také obavy o obsah agaritinu. Agartin je dobře známa karcinogenní látka (Firenzuoli a kol., 2008). Všechny druhy žampionů jej přirozeně obsahují v plodnicích. Nebylo ale prokázáno, že by konzumace 2,5 kg žampionů ročně vyvolala rakovinu. Toto množství odpovídá průměrné evropské roční spotřebě. Žampiony by se neměly konzumovat syrové.

Tepelnou úpravou se sníží obsah agaratinu zhruba na polovinu a zavařováním až na desetinu (Jablonský a Šašek, 2006).

Mnoho studií na zvířatech a klinické zkušenosti prokázaly, že *A. blazei* vykazuje protinádorovou aktivitu, imunologické zlepšení a je také účinný při léčbě AIDS, cukrovky, hypotenze a hepatitidy (Firenzuoli a kol., 2008; Hetland a kol., 2008; Mizuno, 2002). Všechny chemické látky a procesy, které se podílejí na léčebných vlastnostech, nejsou stále zcela jasné. Výsledky klinických studií potvrzují léčivé účinky (Firenzuoli a kol., 2008).

Žampiony se pěstují na fermentovaném substrátu. Hlavní surovinou je sláma. Sláma obsahuje uhlíkaté látky, které žampiony využívají jako zdroj energie, celulózy, hemicelulózy a ligninu. Slámu je nutné obohatit o dusík. Pro tento účel se nejčastěji používá drůbeží podestýlka a prasečí nebo drůbeží kejda (Jablonský a Šašek, 2006). V průběhu fermentace se ke směsi přidává sádra a voda. Sádra váže amoniak, který během fermentace vzniká. Ve fermentovaném substrátu prorůstá mycelium žampionu rychleji, než konkurenční houby (Mieslorová a kol., 2016).

Na vytvořený substrát se za sterilních podmínek naočkuje žampion. Optimální teplota pro růst mycelia je 25 – 30 °C. Přibližně po týdnu začne mycelium vytvářet velké množství tepla. Teplota by neměla být vyšší než 30 °C. Proto je nutné chladit studeným vzduchem. Relativní vlhkost vzduchu by měla být okolo 90 %. Mycelium vytvoří na povrchu substrátu bílou hedvábnou lesklou vrstvu. Substrát s prorostlým myceliem je zasypán krycí zeminou. Jako krycí zemina se nejčastěji používá směs rašeliny a neutralizačních složek. Vrstva by měla mít výšku 3 cm. Po 5 – 7 dnech, během kterých mycelium proroste krycí zeminou, je potřeba prohrábnout zeminu. Prohrábnutí způsobí odumření části mycelia, které podpoří růst mycelia pod povrchem. Po dosažení zralosti mycelia dochází v pěstírnách ke střídání teplot, které žampion mandlový potřebuje pro nasazení plodnic. Střídání vysokých teplot s nižšími, navozuje podmínky v přírodě. Pro růst plodnic je optimální teplota 25 – 27 °C. První žampiony vyrostou asi po dvou týdnech. Sklizňová zralost se projeví vzdálením okrajů klobouku od třeně (Jablonský a Šašek, 2006).

3.2.3 Korálovec ježatý – *Hericium erinaceus*

Systematické zařazení (Kalina a Váňa, 2010):

Říše: houby (Fungi)

Oddělení: stopkovýtrusné (Basidiomycota)

Pododdělení: Agaricomycotina

Třída: rouškaté (Agaricomycetes)

Řád: holubinkotvaré (Russulales)

Čeleď: korálovcovité (Hericiaceae)

Hericium erinaceus (Bull.) Pers. je parazit až saprotrof rostoucí na pařezech a kmenech listnatých stromů. Vyskytuje se zejména na bucích a dubech. U nás bylo zaznamenáno přes 50 lokalit jeho výskytu. Nejčastěji se vyskytuje v teplejších oblastech (moravské podhůří Českomoravské vrchoviny, oblast mezi Plzní a Prahou) (Dvořák, 2006). Většinou začíná růst začátkem léta, ale lze ho objevit i časně na jaře (Patočka a Burle, 2012). Plodnice není rozlišena na třeň a klobouk. Je kulovitě až vejcovitého tvaru a je korálovitě rozvětvená. V době zrání má bílé plodnice, které se postupně zbarvují na hnědožlutou až hnědou (Valíček, 2011). Korálovec je uveden v červeném seznamu hub ČR jako zranitelný druh (Dvořák, 2006).



Obr. 7: Pěstování korálovce ježatého (*Hericium erinaceus*).

(https://www.worldseedsupply.com/wp-content/uploads/2016/07/SAM_1072.jpg)

Tato jedlá houba má dlouhou historii použití v tradiční čínské medicíně (Khan a kol., 2013). Výzkumy objevily řadu biologicky účinných látek. Tato houba je bohatá na některé fyziologicky důležité složky, zejména pak polysacharidy β -glukanu, které jsou odpovědné za protirakovinné, imunologické, hypolipidemické, antioxidační a neuroprotektantní aktivity této houby. Bylo také zjištěno, že *H. erinaceus* má antimikrobiální, antihypertenzní, a antidiabetické vlastnosti (Khan a kol., 2013). Korálovec obsahuje farmakologicky významnou skupinu diterpenoidy – erinaciny a hericenony. Jedná se o skupinu látek, které stimulují syntézu nervových růstových faktorů. Tyto látky mohou hrát důležitou roli při poškození nervových buněk. Výzkumy naznačují, že by mohly pomoci při léčbě úrazů hlavy či mrtvici. Také by měly pomoci lidem, kteří trpí degenerativním onemocněním mozku jako je např. Alzheimerova choroba (Patočka a Burle, 2012).

Pěstování korálovce začalo v 70. letech minulého století v Číně. Způsob pěstování je podobný jako u jiných dřevokazných hub. Substrát je tvořen z různých lignocelulózových odpadů. Nejvhodnější je směs bukových pilin s kukuřičnou moukou nebo pšeničnými či rýžovými otrubami. Sterilizovaný substrát se plní nejčastěji do lahví. Optimální teplota pro prorůstání mycelia je 15 – 24 °C. Je nutné větrat a udržovat relativní vlhkost v rozmezí 85 – 90 %. Po nasazení zárodků narostou plodnice v průběhu následujících 10-ti dnů. Plodnice jsou citlivé na vlhkost, proto je doporučeno před sklizní snížit vlhkost 50 – 60 %. Tím se zabrání poškození plodnic (Jablonský a Šašek, 2006).

3.2.4 Vyplozený substrát po pěstování hub

Po několika cyklech pěstování hub se snižuje úrodnost substrátu, a tím vzniká vedlejší produkt, známý jako vyplozený substrát (Ribas a kol., 2009). Vyplozený substrát představuje nevyužitý substrát a houbové mycelium po sklizni hub (Phan a Sabaratnam, 2012). Z jedné tuny pěstebního substrátu pro žampiony vznikne přibližně 500 kg vyplozeného substrátu. Pro pěstování žampionů se mimo substrátu používá i krycí zemina. Ta zvýší množství vyplozeného substrátu o 240 kg (Jablonský a Šašek, 2006). Vzhledem k možnosti šíření patogenů nesmí zůstat v blízkosti pěstírny (Maher a kol., 2010).

Vyplozený substrát obsahuje řadu enzymů a mikroorganismů (Ribas a kol., 2009). Má vysokou vlhkost a vysoký obsah organických látek (Maher a kol., 2010). Díky svým fyzikálním vlastnostem a obsahu živin má velký potenciál pro využití v zemědělství a zahradnictví (Paula a kol., 2017).

Na kilogram vypěstovaných hub připadá asi pět kilogramů vyplozeného substrátu (Williams a kol., 2001). Produkce hub neustále narůstá a roste i počet vyplozeného substrátu (Phan a Sabaratnam, 2012). Nakládání s tímto vedlejším produktem je v současné době problémem pro pěstitele hub. Vyplozené substráty jsou často skládkovány nebo nevhodně likvidovány (Paula a kol., 2017). Nevhodné nakládání s tímto odpadem může mít environmentální dopady (Fataei a kol., 2011). Konkrétně může dojít ke znečištění vody a půdy v důsledku vysokého obsahu solí (Ribas a kol., 2009). Je proto žádoucí nalézt ekologicky a ekonomicky udržitelné řešení (Paula a kol., 2017)

Vyplozený substrát je bohatý na organickou hmotu, obsahuje živiny, pomáhá při neutralizaci kyselých půd. Jeho použití pro zlepšení úrodnosti půd omezuje vysoký obsah solí (Ahlawat a Sagar, 2007) a nestabilita či nezralost. Vyplozené substráty jsou proto často stabilizovány kontrolovaným kompostováním (Paula a kol., 2017). Kompost z vyplozeného substrátu zlepšuje strukturu a úrodnost půd (Jordan a kol., 2008; Medina a kol., 2012). Proces kompostování tohoto materiálů trvá minimálně šest měsíců. Vhodný způsob jak tuto dobu výrazně zkrátit je vermikompostování. Využíváním žížal dochází k rozkladu už po 2 měsících. Jako materiál pro vermikompostování lze použít samotný vyplozený substrát nebo vyplozený substrát ve směsi s jiným biologicky rozložitelným odpadem (např. zemědělský nebo kuchyňský odpad) – (Ahlawat a Sagar, 2007).

Výsledky některých studií potvrzují použití vermikompostování pro zpracování vyplozených substrátů (Izyan a kol., 2009; Mahmood a Jamaludin, 2012; Elton, 2014; Tran, 2016). Konečný vermikompost je homogenní a stabilizovaný (Bakar a kol., 2011) s vhodnými vlastnostmi pro úpravu půdy (Fataei a kol., 2011). Je bohatý na mikroživiny a makroživiny, které jsou důležité pro růst rostlin. Má nízkou vodivost, nízký poměr C N a optimální zralost a stabilitu. Tyto charakteristiky potvrzují vermikompostování jako vhodný způsob úpravy vyplozeného substrátu (Tajbakhsh, 2008). I když již existují některé studie o vermikompostování vyplozeného substrátu, ve většině z nich není uvedeno, jaké druhy hub byly na vyplozeném substrátu pěstovány.

4 Materiál a metody

4.1 Metodika pokusu

4.1.1 Materiál

Materiál pro vermikompostování byl získán z Katedry zahradnictví, FAPPZ, ČZU v Praze. Byly použity tři druhy vyplozeného substrátu hub. Konkrétně se jednalo o substráty po pěstování hlívy ústřičné, korálovce ježatého a žampionu mandlového.

4.1.2 Vermikompostování a příprava vzorků

Laboratorní pokus byl založen v květnu 2017 na pokusné stanici FAPPZ v Červeném Újezdě. Vermikompostovací pokus probíhal ve vermikompostovací laboratoři, kde byla stabilní teplota 22 °C a světlo, které zabránilo pohybu žížal mimo vermikompostér. K vermikompostování byly použity žížaly druhu *Eisenia andrei* a vermikompostéry Worm Factory. Vermikompostéry jsou složeny z několika pater (vrstev, misek) s perforovanými dny, které umožní žížalám pohyb mezi jednotlivými patry.



Obr. 8: Vermikompostéry s vyplozeným substrátem bez víka (foto vlastní).

Jednotlivé druhy vyplozeného substrátu byly aplikovány vždy do dvou vermikompostérů. První z nich obsahoval žížaly a druhý byl kontrolní, proto bez žížal (Tab. 2). Celkem bylo založeno šest variant (příloha Obr. 1).

Tab. 2: Popis vermikompostérů.

číslo vermikompostéru	druh vyplozeného substrátu	násada žížal
1	hlíva ústříčná	ano
2	hlíva ústříčná	ne
3	korálovec ježatý	ano
4	korálovec ježatý	ne
5	žampion mandlový	ano
6	žampion mandlový	ne

Při zakládání bylo u vermikompostérů se žížalami naplněno nejprve první patro 10 l násady se žížalami a na něj bylo umístěno druhé patro s 10 l vyplozeného substrátu. V případě kontrolních vermikompostérů bez žížal bylo umístěno pouze patro s vyplozeným substrátem (příloha Obr. 2).

Každý měsíc až dva (podle rychlosti rozkladu materiálu) byla přidána nová vrstva s vyplozeným substrátem. Pokus probíhal 7 měsíců a v závěru pokusu měly všechny vermikompostéry čtyři patra.

Vermikompostování bylo ukončeno 12. prosince 2017. Z každé vrstvy byly odebrány 3 vzorky. Kvůli nedostatku substrátu, bylo z některých vrstev odebráno méně vzorků. Pro správné vyhodnocení procesu a porovnání byly současně odebrány i vzorky z vyplozených substrátů (příloha Obr. 3).

Ze vzorků z vermikompostérů se žížalami, byly žížaly vybrány, očištěny od substrátu, spočítány a zváženy (příloha Obr. 4 a Obr. 5). Zjištěné hmotnosti a počty byly použity ke stanovení biomasy žížal. Ze všech odebraných vzorků byla oddělena část, která se uchovávala v lednici při teplotě 4 °C pro stanovení pH a měrné vodivosti. Druhá část vzorku byla zvážena a usušena v sušárně při teplotě 35 °C do konstantní hmotnosti pro výpočet sušiny materiálu. Vysušený materiál byl namlet na menší částice, aby mohl být použit na další analýzy (celkový obsah prvků, přístupný obsah prvků, C:N).

4.2 Agrochemické a biologické analýzy

Pro stanovení hodnoty pH a měrné vodivosti (EC) bylo naváženo 10 g vermikompostu z lednice, který byl zalit demineralizovanou vodou v poměru 1:5. Směs byla třepána na mechanické třepače a následně filtrována. Pro zjištění pH byl použit kalibrovaný pH metr WTW 340i. Měrná vodivost byla změřena pomocí konduktometru Cond 7310 WTW inoLab® (příloha Obr. 6). Měření bylo provedeno podle normy EN 13037.



Obr. 9: Měření pH vzorku. (foto vlastní).

Pro stanovení poměru C:N byl použit analyzátor CHNS Vario MACRO cube (Elementar Analysensysteme GmbH, Germany). V katalytické peci analyzátoru bylo spáleno přibližně 25 mg vzorku a pomocí tepelně vodivostního detektoru byly stanoveny celkové obsahy dusíku a uhlíku, ze kterých byl automaticky stanoven poměr C:N.

Celkové obsahy prvků (K, Mg, P) byly stanoveny pomocí rozkladu na mokré cestě (příloha Obr. 8) v uzavřeném systému s mikrovlnným ohřevem v přístroji Ethos 1 (MLS GmbH, Germany). Poté byla provedena optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem ICP – OES (Varian Vista pro, Varian, Austrálie).

U prvků K., Mg, P byly stanoveny i přístupné obsahy prvků pro rostliny. Pro jejich stanovení bylo použito extrakční činidlo CAT s koncentrací 0,01 mol/l CaCl_2 a 0,002 mol/l kyseliny diethylentriaminpentaoctové (DTPA) podle normy EN 13651. Vysušený vzorek byl

navážen a zalit činidlem v poměru 1:10, třepán 1 h na třepačce a zfiltrován (příloha Obr. 7). Dostupný obsah prvků byl taktéž stanoven pomocí optické emisní spektrometrie s vázaným plazmatem.

4.3 Statistické analýzy

Pro statistické vyhodnocení byl použitý program MS Excel 2013 (Microsoft, USA), který byl použit pro výpočet průměrů a směrodatných odchylek. V softwaru STATISTICA 12 (StatSoft, Tulsa, USA) byla provedena ANOVA, jednofaktorová analýza rozptylu, za použití Tukeyova HSD testu s 95 % hladinou spolehlivosti.

5 Výsledky

5.1 Vyplozené substráty

Stanovené hodnoty (Tab. 3) znázorňují rozdíly mezi agrochemickými parametry jednotlivých druhů vyplozených substrátů. Ze sledovaných substrátů měl nejvyšší pH a měrnou vodivost vyplozený substrát žampionu mandlového, jeho průměrná hodnota pH byla 8,1 a měrná vodivost 4 523 $\mu\text{S}/\text{cm}$. U hlívové substrátu a substrátu z korálovce byla hodnota pH podobná. Nejvyšší hodnota C:N byla zjištěna ve vyplozeném substrátu hlívy a byla 4 x vyšší než C:N žampionového substrátu. Žampionový vyplozený substrát měl 48,23 % sušiny, byl nejsušší ze substrátů, nejvlhčí substrát po hlívě měl obsah sušiny 25,5 %.

Tab. 3: Agrochemické parametry vyplozených substrátů.

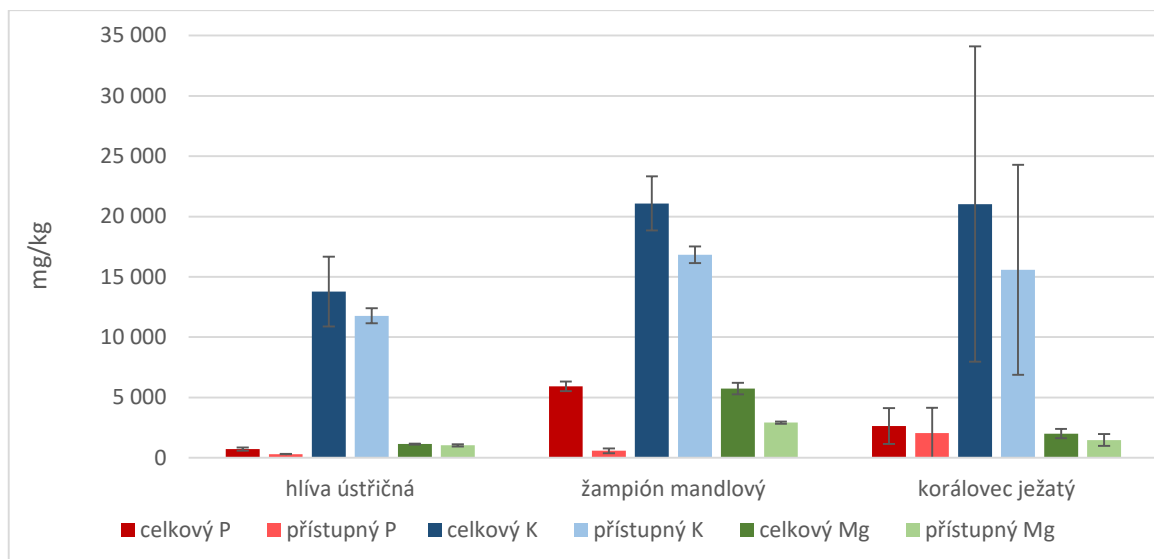
Vyplozený substrát	Sušina [%]	pH	EC [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	C:N
hlíva ústříčná	25,50 \pm 2,12	4,96 \pm 0,05	2 163 \pm 59	48,05 \pm 3,83
korálovec ježatý	26,97 \pm 6,12	4,90 \pm 0,79	2 727 \pm 548	27,34 \pm 4,96
žampion mandlový	48,23 \pm 6,29	8,01 \pm 0,23	4 523 \pm 559	11,09 \pm 0,32

Hodnoty jsou průměry \pm směrodatná odchylka (n=3)

Ze sledovaných substrátů měl hlívový vyplozený substrát nejnižší obsahy všech živin. V substrátech žampionu a korálovce byl stanoven téměř stejný celkový obsah draslíku (21 083 a 21 033 mg/kg). Obsah přístupného draslíku dosahoval u žampionu 80 % celkového obsahu a byl o 8 % vyšší než u korálovce.

Z grafu (Obr. 10) je patrné, že obsahy hořčíku a fosforu v těchto dvou substrátech mezi sebou měly větší rozdíly. Nejvyšší obsah celkového fosforu (5 925 mg/kg) byl v žampionovém substrátu, ale nejvyšší obsah přístupného P byl u korálovce, kde dosahoval 78 % jeho celkového obsahu P. Množství přístupného P u žampionu bylo pouze 583 mg/kg.

Žampionový vyplozený substrát měl nevyšší obsah celkového hořčíku, rozdíl mezi celkovým a přístupným obsahem byl výraznější než u ostatních substrátů. Obsah přístupného Mg u korálovce dosahoval 73 % jeho celkového obsahu, u hlívy dokonce 90 %, zatímco u žampionu to bylo pouze 51 %. Přesto byl přístupný obsah Mg 2 922 mg/kg u žampionového substrátu nejvyšší ve studovaných substrátech.



Obr. 10: Graf obsahu živin ve vypozených substrátech.

5.2 Vermikompostéry s vypozeným substrátem hlívy ústříčné

5.2.1 Vermikompostér 1

Ve výsledcích měření jednotlivých vrstev vermikompostéru s vypozeným substrátem hlívy ústříčné (Tab. 4) byl zaznamenán stejný obsah sušiny u vrstev II a I. Nejvlhčí vrstva byla IV, jejíž obsah sušiny 17,39 % byl nejnižší a statisticky významně se lišil od spodnějších vrstev. Nejvyšší hodnota C:N 16,95 byla naměřena ve vrstvě IV a nejnižší 14,06 ve vrstvě I.

Tab. 4: Agrochemické parametry vrstev ve vermikompostéru s vypozeným substrátem hlívy ústříčné se žížalami.

Vrstva	Sušina [%]	pH	EC [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	C:N
IV	17,39 \pm 0,03 ^a	7,76 \pm 0,06 ^b	2 210 \pm 33 ^a	16,95 \pm 0,23 ^c
III	18,32 \pm 0,01 ^b	7,57 \pm 0,056 ^a	2 155 \pm 15 ^a	15,65 \pm 0,07 ^b
II	18,41 \pm 0,12 ^b	7,62 \pm 0,061 ^{ab}	2 053 \pm 41,6 ^a	14,18 \pm 0,15 ^a
I	18,41 \pm 0,19 ^b	7,61 \pm 0,087 ^{ab}	2 143 \pm 127,4 ^a	14,06 \pm 0,36 ^a

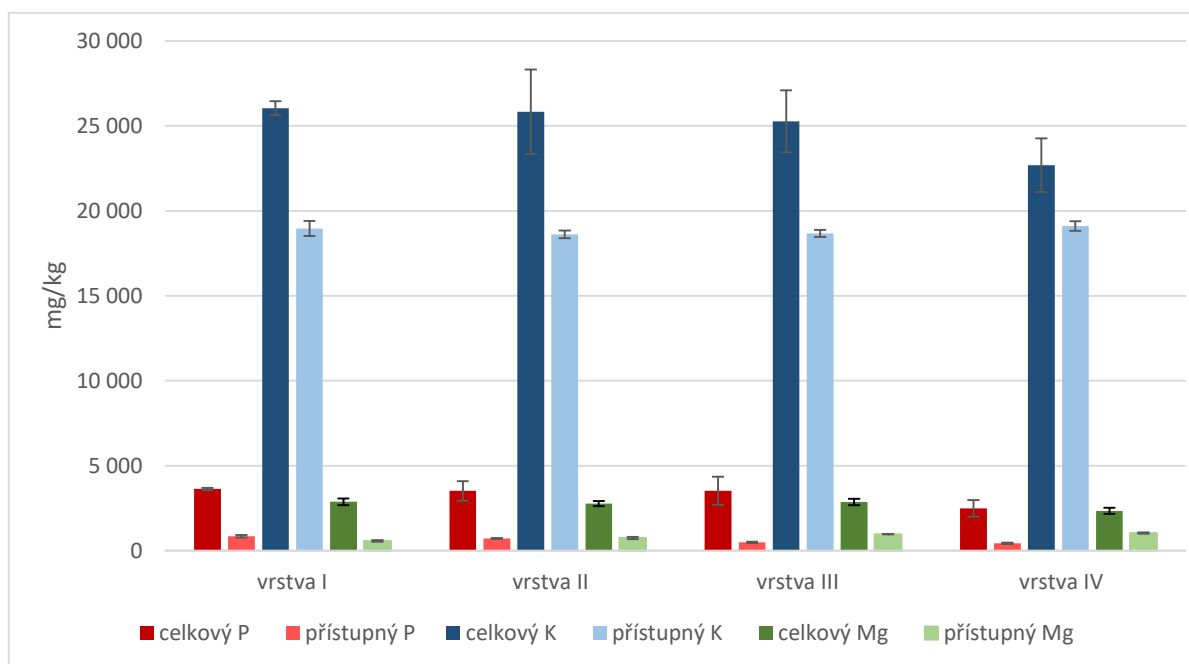
Hodnoty jsou průměry \pm směrodatná odchylka (n=3). Hodnoty označené rozdílnými písmeny vykazovaly statisticky významné rozdíly (p<0,05).

Ve vrchní vrstvě byla také stanovena nejvyšší měrná vodivost a pH. Rozdíly EC mezi jednotlivými vrstvami vermikompostéru nebyly statisticky významné a průměrná měrná vodivost všech vrstev vermikompostéru byla 2 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Hodnota pH 7,76 se ale statisticky významně lišila od pH 7,57 ve vrstvě III, které bylo nejnižší ve vermikompostéru.

V grafu (Obr. 11) nejsou patrné výrazné rozdíly obsahů živin mezi vrstvami I až III, obsah celkového draslíku se v těchto třech vrstvách pohyboval mezi 26 – 25 g/kg. Nejnižší obsah celkového draslíku měla vrstva IV, ve které byl stanoven obsah 22,7 g/kg. Průměrný obsah přístupného K byl ve vermikompostěru 18 840 mg/kg.

Nejmladší IV vrstva měla i nejnižší obsah celkového fosforu. Nejvyšší celkový obsah P byl zjištěn u nejstarší vrstvy. Z výsledků je zřejmé, že stářím vrstev došlo ve vermikompostěru ke zvýšení celkového i přístupného obsahu P. Ve vermikompostěru přístupný P průměrně dosahoval 18,92 % z celkového obsahu v jednotlivých vrstvách.

Průměrný obsah celkového hořčíku byl 2 716 mg/kg, ve vrstvě IV byl obsah celkového Mg opět nejnižší, ale byl zde nejvyšší obsah přístupného Mg, jehož množství se ve vermikompostěru stářím vrstev naopak snižovalo (z 1 037 mg/kg na 577 mg/kg).



Obr. 11: Graf obsahu živin ve vrstvách vermikompostěru s vyplozeným substrátem hlívy ústříčné se žížalami.

Nejvyšší výskyt žížal i jejich biomasa byly zaznamenány v nejmladší vrstvě (Tab. 5). V této vrstvě byl vyplozený substrát hlívy nejčerstvější, z čehož plyne, že se zde nacházelo nejvíce potravy pro žížaly. Výskyt žížal klesal s jednotlivými vrstvami, v nejstarší vrstvě jich bylo nalezeno o 72,3 % méně než ve vrstvě IV. Průměrná biomasa žížal byla 73 g žížal v 1 kg vermikompostu.

Tab. 5: Počet a biomasa žížal ve vrstvách vermikompostéru s vyplozeným substrátem hlívy ústříčné.

Vrstva	Počet žížal [ks/kg]	Biomasa žížal [g/kg]
IV	1 311 ± 0	146 ± 3
III	785 ± 93	71 ± 2
II	574 ± 36	47 ± 3
I	363 ± 45	28 ± 3

Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3).

5.2.2 Vermikompostér 2

V kontrolním vermikompostéru s vyplozeným substrátem hlívy ústříčné, bez žížal, nebyly statisticky významné rozdíly mezi pH jednotlivých vrstev (Tab. 6), jeho průměrná hodnota byla 6,91.

Vrstva IV byla na základě nejvyššího obsahu vyhodnocena jako nejsušší a obsah sušiny zde byl o 4,66 % vyšší, než v nejnižší vrstvě. Tento rozdíl mezi vrstvami I a IV byl statisticky významný.

Měrná vodivost se stářím vrstev klesala ze 4 203 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na 2 813 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Statisticky významné rozdíly v EC byly mezi vrstvami IV, III a II.

Nejvyšší hodnota 24,70 C:N byla zaznamenána ve vrstvě I a staticky významně se lišila od ostatních vrstev.

Tab. 6: Agrochemické parametry vrstev ve vermikompostéru s vyplozeným substrátem hlívy ústříčné bez žížal.

Vrstva	Sušina [%]	pH	EC [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	C:N
IV	19,93 ± 0,99 ^b	6,59 ± 0,758 ^a	4 203 ± 289 ^c	16,61 ± 1,07 ^a
III	15,70 ± 0,06 ^a	7,05 ± 0,090 ^a	3 490 ± 50 ^b	17,45 ± 0,10 ^a
II	15,40 ± 0,13 ^a	6,95 ± 0,827 ^a	3 055 ± 25 ^a	16,82 ± 0,12 ^a
I	15,27 ± 0,23 ^a	7,07 ± 0,469 ^a	2 813 ± 74 ^a	24,71 ± 1,97 ^b

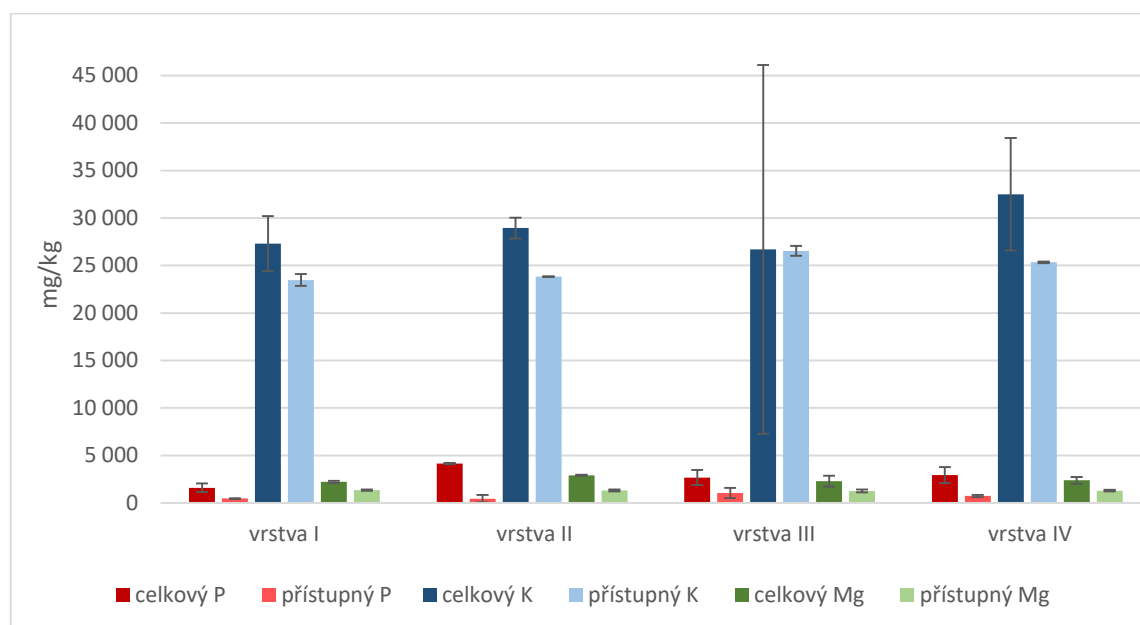
Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Hodnoty označené rozdílnými písmeny vykazovaly statisticky významné rozdíly (p<0,05).

Průměrné množství celkového draslíku bylo 28 861 mg/kg (Obr. 12), nejvyšší obsah byl ve vrstvě IV a nejnižší ve vrstvě III. Rozdíl mezi těmito dvěma vrstvami byl 5 812 mg/kg. Obsahy přístupného draslíku se mezi jednotlivými vrstvami výrazně nelišily, rozmezí bylo mezi

23,5 – 25,5 g/kg. Nejvyšší obsah přístupného K, který představoval 99 % celkového obsahu K, byl ve vrstvě III. Ve zbylých třech vrstvách byl nižší, průměrně v nich dosahoval 82 % celkového obsahu K.

Nejvyšší obsah celkového fosforu 4 146 mg/kg byl naměřen ve vrstvě II, byl zde ale také zaznamenán nejnižší obsah přístupného P, který dosahoval 10 % celkového obsahu P. Nejvyšší obsah přístupného P byl ve vrstvě III jeho obsah se rovnal 39 % celkového obsahu fosforu.

Ve druhé vrstvě bylo zaznamenáno i nejvyšší množství celkového hořčíku, který měl ve vermikompostéru průměrný obsah 2 449 mg/kg. Přístupný obsah Mg se ve vrstvách pohyboval v rozmezí 12,6 – 13,5 mg/kg.



Obr. 12: Graf obsahu živin ve vrstvách vermikompostéru s vyplozeným substrátem hlívy ústříčné bez žížal.

Z porovnání grafů zobrazujících obsahy živin ve vermikompostérech s vyplozeným substrátem hlívy ústříčné (Obr. 11 a 12) jsou vidět rozdíly mezi vermikompostéry se žížalami a bez žížal. Vyšší průměrný obsah celkového fosforu a celkového hořčíku byl zaznamenán u vermikompostéru se žížalami, naopak zde byl stanoven nižší obsah celkového i přístupného draslíku a přístupného hořčíku. Rozdíl mezi průměrnými obsahy přístupného P byl nízký.

Ve vermikompostéru s vyplozeným hlívočným substrátem se žížalami bylo pH slabě zásadité, zatímco ve vermikompostéru bez žížal bylo spíše neutrální. Nejmenší rozdíl mezi

agrochemickými parametry byl v obsahu sušiny (1,5 %). Obsah sušiny ve vermikompostéru se žížalami stoupal, zatímco ve vermikompostéru bez žížal obsah sušiny se stářím vrstev klesal. Nejvyšší hodnota C:N vermikompostéru se žížalami byla v nejmladší vrstvě a vermikompostéru bez žížal byla nejvyšší naopak v nejstarší vrstvě.

5.3 Vermikompostéry s vyplozeným substrátem korálovce ježatého

5.3.1 Vermikompostér 3

Průměrné pH ve vermikompostéru se substrátem korálovce se žížalami (Tab. 7) bylo 4,86. Vrstvy IV a I se v pH statisticky významně lišily od vrstev III a II.

Ve vrstvách I a III byla naměřená stejná hodnota měrné vodivosti 926 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nejnižší EC byla ve vrstvě IV, která byla nižší o 53,5 % než nejvyšší zjištěná hodnota a statisticky významně se lišila od ostatních vrstev.

Obsah sušiny klesl od vrstvy IV směrem k vrstvě I, voda prosákla do spodních vrstev a rozdíl mezi nejvlhčí a nejsušší vrstvou byl 11, 29 %. Rozdíly v obsahu sušiny v jednotlivých vrstvách byly statisticky významné, všechny vrstvy se od sebe navzájem statisticky významně lišily.

Nejvýraznější rozdíly mezi jednotlivými vrstvami byly u C:N. Nejvyšší hodnota C:N byla změřena ve vrchní vrstvě a postupně klesala až k vrstvě I, její hodnota byla téměř 10 x nižší než nejvyšší C:N.

Tab. 7: Agrochemické parametry vrstev ve vermikompostéru s vyplozeným substrátem korálovce ježatého se žížalami.

Vrstva	Sušina [%]	pH	EC [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	C:N
IV	30,23 \pm 0,48 ^d	5,080 \pm 0,219 ^b	477 \pm 103 ^a	153,66 \pm 15,70 ^c
III	26,52 \pm 0,01 ^c	4,183 \pm 0,093 ^a	926 \pm 34 ^b	64,65 \pm 64,55 ^b
II	22,73 \pm 0,13 ^b	4,317 \pm 0,021 ^a	1 027 \pm 151 ^b	31,16 \pm 1,49 ^a
I	18,94 \pm 0,02 ^a	5,877 \pm 0,175 ^c	926 \pm 55 ^b	16,50 \pm 0,39 ^a

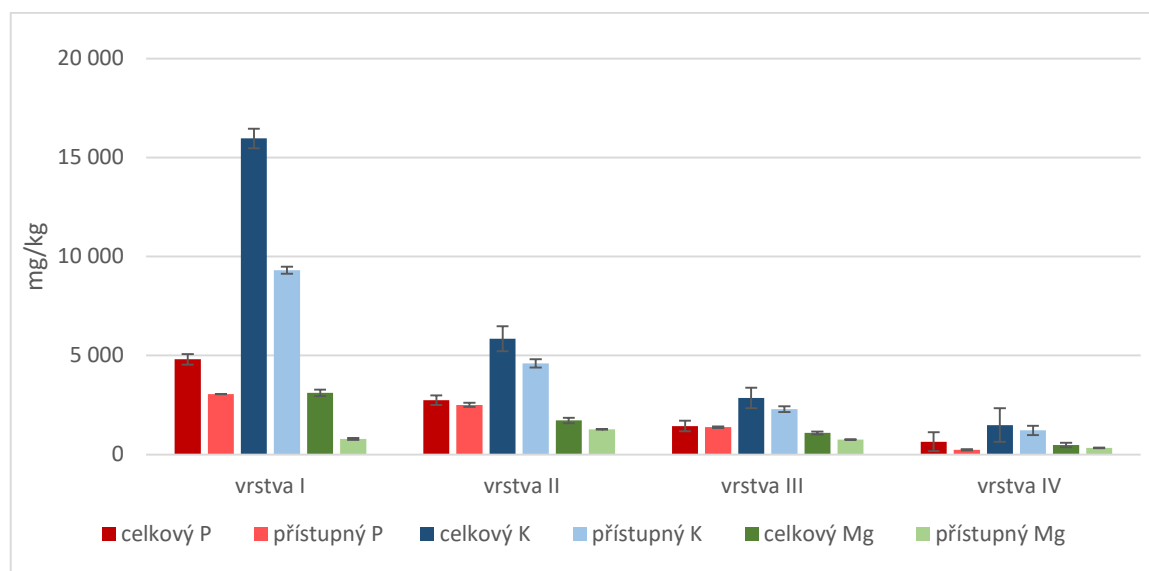
Hodnoty jsou průměry \pm směrodatná odchylka (n=3). Hodnoty označené rozdílnými písmeny vykazovaly statisticky významné rozdíly (p<0,05).

Výrazné rozdíly v množství živin u jednotlivých vrstev jsou patrné z grafu (Obr. 13). Nejnižší koncentrace všech živin byly v nejmladší vrstvě (IV) a naopak nejvyšší byly v nejstarší vrstvě. Obsah celkového fosforu stoupl z 644 mg/kg na 4 804 mg/kg, zvýšení bylo téměř 7,5 x.

Z celkového obsahu bylo nejvíce přístupného P ve vrstvách III a II, přístupný P dosahoval 96 % a 91,4 % celkového. Naopak nejméně přístupného P bylo ve vrstvě IV, kde byl roven pouze 36 % celkového obsahu P.

Množství celkového draslíku se zvýšilo stářím vrstev více než 10 x, ale množství, které bylo z celkového K přístupné rostlinám, bylo v nejstarší vrstvě nejnižší. Ve vrstvě I bylo pouze 58,3 %, zatímco ve třech mladších vrstvách zaujímal přístupný K průměrně 80,3 % z celkového obsahu K.

Nárůst celkového hořčíku byl z nejmladší vrstvy na nejstarší o 650 %. Přístupný Mg 1 270 mg/kg byl nejvyšší ve vrstvě II. Ve vrstvách I – III dosahoval přístupný Mg průměrně 71 % z celkového množství, výrazně nižší přístupný Mg byl roven 25,3 % a byl naměřen v nejstarší vrstvě.



Obr. 13: Graf obsahu živin ve vrstvách vermikompostu s vyplozeným substrátem korálovce ježatého se žížalami.

Počet žížal byl nejvyšší v nejstarší vrstvě I, kde jich bylo v jednom kilogramu vermikompostu zaznamenáno 537 kusů (Tab. 8). Ve vrstvě IV jich bylo zjištěno o 67,4 % méně. V této vrstvě byly žížaly větší a těžší, proto byla biomasa žížal v nejmladší vrstvě vyšší. Výskyt žížal byl ve vermikompostu ovlivněn zejména vlhkostí vrstev, vrchní vrstvy byly velmi suché, zatímco spodní vrstva vermikompostu byla nejvlhčí, a proto v ní byl nejvyšší podíl žížal.

Přestože se biomasa žížal pohybovala ve vrstvách I a IV v úzkém rozmezí 11 – 12 gramů žížal na jeden kilogram vermikompostu, v poměru s počtem žížal v jednotlivých

vrstvách byl výrazný rozdíl. V prostředních vrstvách II a III byla zjištěná stejná biomasa žížal, ale počet žížal byl ve III vrstvě téměř 5 x vyšší než ve vrstvě II.

Tab. 8: Počet a biomasa žížal ve vrstvách vermikompostéru s vyplozeným substrátem korálovce ježatého se žížalami.

Vrstva	Počet žížal [ks/kg]	Biomasa žížal [g/kg]
IV	175 ± 30	12 ± 1
III	72 ± 37	4 ± 3
II	15 ± 8	4 ± 0
I	537 ± 22	11 ± 1

Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3).

5.3.2 Vermikompostér 4

Měrná vodivost byla nejvyšší v nejstarší vrstvě I (Tab. 9), kde bylo naměřeno 1 932 $\mu\text{S}/\text{cm}$, stářím vrstev se její hodnota snižovala, ve vrstvě IV byla nižší o 58,5 % a tyto dvě vrstvy se statisticky významně lišily od vrstvy II a III.

Hodnota C:N se mezi vrstvou IV a I snížila. Mezi vrstvou III a II došlo k nízkému zvýšení asi o 5 %, ale poté hodnota C:N v nejstarší vrstvě opět klesla. Nejnižší C:N, které bylo zjištěno ve vrstvě I, se rovnalo 16,28 % nejvyššího C:N ve vrstvě IV. Stejně jako u EC, se nejmladší a nejstarší vrstva statisticky lišila od prostředních vrstev II a III.

Ve vermikompostéru s korálovcovým substrátem bez žížal bylo pH kyselé, jeho průměrná hodnota byla 4,37. Nejvyšší pH bylo v nejmladší vrstvě, jeho hodnota se snížila mezi vrstvami III a II. V nejstarší vrstvě došlo naopak ke zvýšení hodnoty pH, rozdíl v pH mezi nejmladší a nejstarší vrstvou byl pouze 0,09.

Tab. 9: Agrochemické parametry vrstev ve vermikompostéru s vyplozeným substrátem korálovce ježatého bez žížal.

Vrstva	Sušina [%]	pH	EC [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	C:N
IV	35,72 ± 0,14 ^d	4,71 ± 0,14 ^c	802 ± 112 ^a	153,2 ± 4,78 ^c
III	29,07 ± 0,34 ^c	4,09 ± 0,035 ^{ab}	1 374 ± 143 ^b	49,87 ± 4,13 ^b
II	27,51 ± 0,14 ^b	4,05 ± 0,085 ^a	1 314 ± 22 ^b	52,59 ± 3,18 ^b
I	21,89 ± 0,12 ^a	4,62 ± 0,383 ^{bc}	1 932 ± 20 ^c	24,94 ± 0,71 ^a

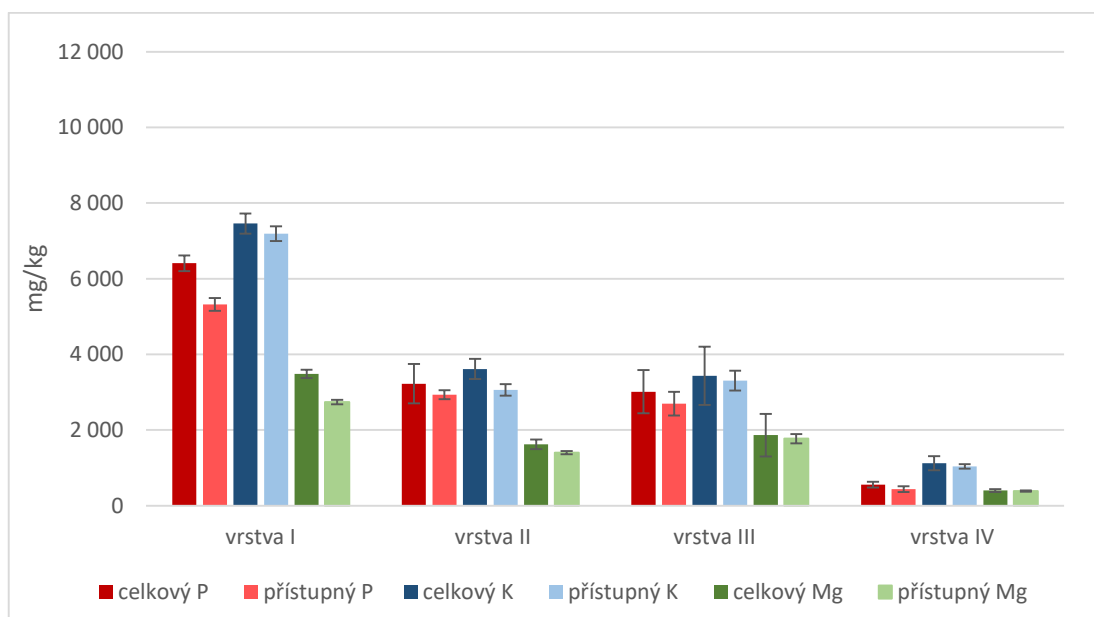
Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Hodnoty označené rozdílnými písmeny vykazovaly statisticky významné rozdíly (p<0,05).

Obsah sušiny směrem ke spodní vrstvě klesal. Ve vermikompostéru se obsah sušiny pohyboval v rozmezí 21,89 – 35,72 % a obsahy se od sebe v jednotlivých vrstvách statisticky významně lišily.

Rozdíly mezi množstvím živin v jednotlivých vrstvách jsou zobrazeny v grafu (Obr. 14). Nejnižší obsahy všech živin byly v nejmladší vrstvě. Ve vrstvě III došlo k nárůstu celkového a přístupného Mg přibližně 4,5 x, v následující vrstvě II koncentrace mírně klesla, ale v nejstarší vrstvě I se jeho koncentrace opět zvýšila, obsah celkového Mg zde byl 3 481 mg/kg.

Množství celkového K rostlo se stářím vrstev, ve vrstvě IV byl obsah celkového draslíku 1 121 mg/mg a ve vrstvě I byla jeho koncentrace téměř 7 x vyšší. Obsah přístupného draslíku pro rostliny průměrně dosahoval 92,5 % celkovému obsahu K v jednotlivých vrstvách.

Koncentrace celkového fosforu v jednotlivých vrstvách měla podobný vývoj jako hořčík a draslík. Nejnižší obsah celkového P byl ve vrstvě IV, kde jeho množství bylo 553 mg/kg, ve vrstvách II a III se množství P zvýšilo zhruba 5 x. Nejvyšší obsah celkového i přístupného P byl v nejstarší vrstvě, který byl přibližně 12 x vyšší, než ve vrstvě IV. Přístupný P ve vrstvě I byl roven 83 % jeho celkového obsahu.



Obr. 14: Graf obsahu živin ve vrstvách vermikompostéru s vyplozeným substrátem korálovce ježatého bez žížal.

Vermikompostér bez žížal měl ve všech vrstvách vyšší obsah sušiny než vermikompostér se žížalami. Největší rozdíl pH byl v nejstarší vrstvě I, vermikompostér 4 měl

pH 4,62 a pH vermikompostéru 3 bylo 5,87. Rozdíly mezi hodnotami pH zbylých vrstev byly nízké. Oba vermikompostéry měly téměř stejnou hodnotu C:N ve vrstvě IV. Měrná vodivost vermikompostéru bez žížal byla vyšší, než ve vermikompostéru se žížalami ve vrstvách I a IV téměř 2 x.

Z porovnání grafů (Obr. 13 a 14) jsou patrné různé obsahy živin ve vermikompostérech z vyplozeného substrátu korálovce ježatého. Vermikompostér se žížalami obsahoval vyšší množství celkového draslíku, zatímco vermikompostér bez žížal obsahoval vyšší množství celkového i přístupného fosforu a hořčíku.

5.4 Vermikompostéry s vyplozeným substrátem žampionu mandlového

5.4.1 Vermikompostér 5

Ve vermikompostéru s vyplozeným substrátem po žampionech se žížalami (Tab. 10) se obsah sušiny pohyboval mezi 22,3 – 26,33 %. Hodnota průměrného pH byla mírně alkalická 7,46. Rozdíly v obsahu sušiny a pH mezi jednotlivými vrstvami nebyly statisticky významné.

Měrná vodivost byla nejvyšší ve vrchní vrstvě, kde bylo naměřeno 4 833 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a postupně klesala. Od vrstvy IV k vrstvě I došlo ke snížení hodnoty měrné vodivosti o 26,75 %. Nejvyšší hodnota C:N byla zaznamenána ve vrstvě III. V celém vermikompostéru se C:N pohybovalo v rozmezí 11,57 – 13,43. Mezi hodnotami C:N jednotlivých vrstev nebyl nalezen statisticky významný rozdíl.

Tab. 10: Agrochemické parametry vrstev ve vermikompostéru s vyplozeným substrátem žampionu mandlového se žížalami.

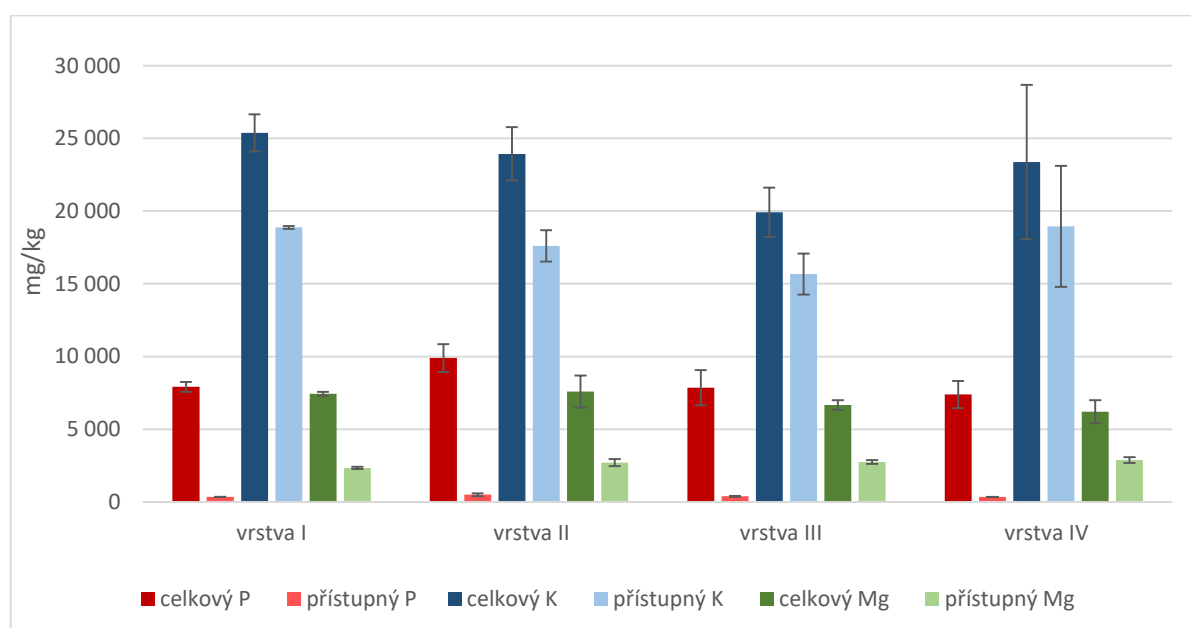
Vrstva	Sušina [%]	pH	EC [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	C:N
IV	25,25 \pm 2,70 ^a	7,45 \pm 0,325 ^a	4 833 \pm 730 ^b	12,18 \pm 2,07 ^a
III	26,33 \pm 2,15 ^a	7,28 \pm 0,160 ^a	3 974 \pm 39 ^{ab}	13,43 \pm 1,23 ^a
II	23,07 \pm 0,80 ^a	7,50 \pm 0,208 ^a	3 553 \pm 127 ^a	11,57 \pm 0,25 ^a
I	22,30 \pm 0,06 ^a	7,6 \pm 0,025 ^a	3 540 \pm 60 ^a	11,59 \pm 0,19 ^a

Hodnoty jsou průměry \pm směrodatná odchylka (n=3). Hodnoty označené rozdílnými písmeny vykazovaly statisticky významné rozdíly (p<0,05).

Obsah celkového draslíku byl v jednotlivých vrstvách vermikompostéru v rozmezí 19 923 – 25 374 mg/kg (Obr. 15). Pouze u vrstvy III došlo k jeho poklesu. Obsah celkového draslíku rostl se stářím vrstev. Přístupný K dosahoval průměrně 77 % celkového obsahu K.

Nejvyšší množství celkového fosforu bylo zjištěno ve vrstvě II. Obsah přístupného fosforu pro rostliny se ve vermikompostěru pohyboval v rozmezí 4,5 – 5 % celkového obsahu P v jednotlivých vrstvách.

Průměrný celkový obsah Mg byl 6 973 mg/kg, jeho obsah byl nejnižší ve vrstvě IV a mezi jednotlivými vrstvami se jeho obsah zvyšoval. Obsah celkového Mg byl ve vrstvě I vyšší o 20 % než ve vrstvě IV. Množství přístupného Mg mezi vrstvami IV až I naopak klesalo, nejvyšší obsah přístupného Mg 2 877 mg/kg byl ve vrstvě IV a ve vrstvě I klesl o 18,7 % oproti nejmladší vrstvě. V jednotlivých vrstvách dosahoval přístupný Mg průměrně 38,7 % celkovému obsahu Mg.



Obr. 15: Graf obsahu živin ve vrstvách vermikompostěru s vyplozeným substrátem žampionu mandlového se žížalami.

Počet žížal byl nejnižší v nejmladší vrstvě a se stářím vrstev se zvyšoval (Tab. 11). Ve vrstvě IV bylo o 82,5 % méně žížal, než jich bylo v nejvlhčí vrstvě I. Průměrně se v každé vrstvě vyskytovalo 161 žížal v jednom kilogramu vermikompostu, stejná biomasa žížal byla zaznamenána ve vrstvě III a II. Průměrná biomasa žížal bylo ve vermikompostěru 9,25 g/kg,

Tab. 11: Počet a biomasa žížal ve vermikompostéru s vyplozeným substrátem žampionu mandlového se žížalami.

Vrstva	Počet žížal [ks/kg]	Biomasa žížal [g/kg]
IV	42 ± 65	3 ± 4
III	163 ± 7	9 ± 1
II	200 ± 60	9 ± 4
I	240 ± 49	16 ± 1

Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3).

5.4.2 Vermikompostér 6

Nejvyšší obsah sušiny byl v nejmladší vrstvě a s jednotlivými patry klesal (Tab. 12). Průměrný obsah sušiny ve vermikompostéru se žampionovým substrátem bez žížal, byl 21,94 %. Všechny vrstvy se od sebe statisticky významně lišily. Spodní vrstva s nejvyšší vlhkostí dokazuje, že voda prosakovala patry.

Hodnoty pH se ve vermikompostéru pohybovaly v rozmezí 7,18 – 8,6, nejnižší pH bylo naměřeno ve vrstvě II, jejíž hodnota se staticky významně lišila od zbylých vrstev. Průměrné pH bylo 8,03.

Ve vrstvě IV byla zaznamenána měrná vodivost 4 920 $\mu\text{S}/\text{cm}$, která se v následující vrstvě III snížila o 17,8 %, ale ve vrstvách II a I se měrná vodivost naopak zvýšila.

Nejnižší hodnota C:N byla stanovena v nejmladší vrstvě a nejvyšší ve III. Ve vermikompostéru bylo průměrné C:N 11,87 a nevyšší hodnota 13,92 se statisticky významně lišila od ostatních vrstev.

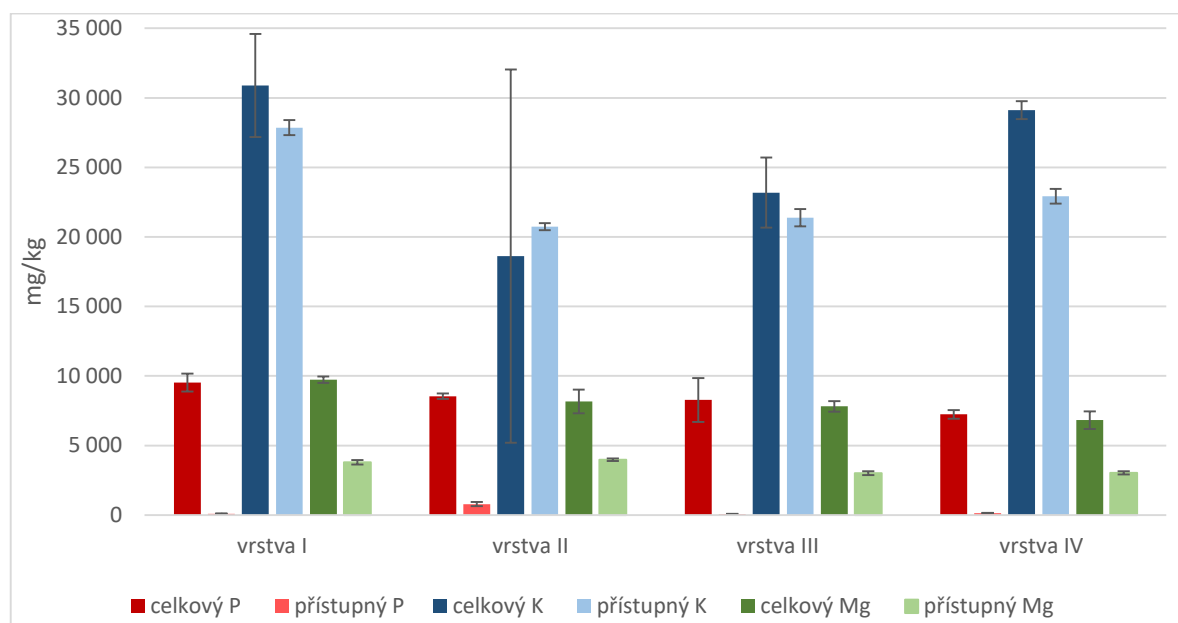
Tab. 12: Agrochemické parametry vrstev ve vermikompostéru s vyplozeným substrátem žampionu mandlového bez žížal.

Vrstva	Sušina [%]	pH	EC [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	C:N
IV	25,77 ± 0,74 ^d	7,93 ± 0,494 ^b	4 920 ± 183 ^c	10,84 ± 0,14 ^a
III	22,48 ± 0,21 ^c	8,60 ± 0,032 ^b	4 043 ± 90 ^a	13,92 ± 0,15 ^b
II	20,90 ± 0,31 ^b	7,18 ± 0,065 ^a	4 297 ± 61 ^{ab}	11,42 ± 0,44 ^a
I	18,62 ± 0,25 ^a	8,42 ± 0,191 ^b	4 707 ± 315 ^{bc}	11,29 ± 0,87 ^a

Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Hodnoty označené rozdílnými písmeny vykazovaly statisticky významné rozdíly (p<0,05).

Celkový obsah draslíku ve vermikompostéru se žampionovým substrátem bez žížal (Obr. 16) byl v rozmezí 18 617 – 30 880 mg/kg. Nejprve se jeho množství mezi vrstvami IV a II snížilo o 36 %, ale u nejstarší vrstvy se obsah naopak zvýšil na 30 880 mg/kg. Průměrný obsah přístupného K ve vrstvě II dosahoval 111 % jeho celkového obsahu K. Tento nemožný výsledek byl způsoben velkou směrodatnou odchylkou, kterou měl celkový obsah K ve vrstvě. Průměrně se přístupný draslík ve vrstvách I, III a IV rovnal 87 % jejich celkového obsahu K.

Celkový obsah fosforu a hořčíku se zvyšoval se stářím vrstev, celkový Mg se pohyboval v rozmezí 6 829 – 9 729 mg/kg a celkový obsah P v rozmezí 7 242 – 9 526 mg/kg. Nejvyšší obsah přístupného fosforu byl zaznamenán ve vrstvě II. Obsah přístupného Mg byl vyšší, průměrně představoval 42,7 % z celkových obsahů Mg v jednotlivých vrstvách.



Obr. 16: Graf obsahu živin ve vrstvách vermikompostéru s vyplozeným substrátem žampionu mandlového bez žížal.

Vermikompostér s vyplozeným substrátem bez žížal měl vyšší měrnou vodivost o 13 % a pH o 7,5 %, ale obsah sušiny byl vyšší o 10,5 % u vermikompostéru se žížalami. Rozdíly mezi hodnotami C:N byly mezi vermikompostéry nízké, C:N bylo jen o 2,7 % vyšší u vermikompostéru se žížalami.

Ve vermikompostéru bez žížal byl o 10 % vyšší celkový obsah K a o 30 % vyšší přístupný obsah K. Rozdíl mezi obsahem P byl mezi jednotlivými vermikompostéry malý, pouze 139 mg/kg u celkového a 117 mg/kg u přístupného obsahu P. Celkový Mg byl vyšší o 16,7 % a přístupný o 29,5 % u vermikompostéru bez žížal.

5.5 Srovnání vermikompostů z vyplozených substrátů

Nejnižší hodnota C:N 10,84 byla zjištěna ve vrstvě IV vermikompostéru s vyplozeným žampionovým substrátem bez žížal, byla přibližně 14 x nižší než nejvyšší hodnota C:N, která byla stanovena ve vrstvě I vermikompostéru s vyplozeným substrátem korálovce se žížalami.

Průměrný obsah sušiny v jednotlivých vermikompostech byl 22,25 %, nejvlhčí vermikompost pocházel z vyplozeného substrátu hlívy a nejsušší vermikompost ze substrátu po korálovci bez žížal.

Vermikomposty vzniklé z korálovce měly kyselé pH, jejich průměrná hodnota byla 4,42, ostatní vermikomposty měly pH v rozmezí 6,91 – 8,60. Nejvyšší pH bylo naměřeno ve vrstvě III vermikompostéru se žampionovým substrátem bez žížal.

Průměrná měrná vodivost v jednotlivých vermikompostech byla 2 698 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nejnižší měrná vodivost byla ve vermikompostu z korálovce 477 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a nejvyšší 4 833 $\mu\text{S}/\text{cm}$ byla v žampionovém vermikompostu. Oba vermikomposty pocházely z vrstvy IV vermikompostéru se žížalami.

Ze sledovaných makro živin měl ve vermikompostech nejvyšší podíl draslík. Vermikomposty z hlíivového a žampionového substrátu, měly obsah celkového K v rozmezí 18,6 – 32,5 g/kg a ve vermikompostech z korálovcového substrátu byla jeho koncentrace nejnižší. Nejvyšší koncentrace celkového K z korálovcového substrátu byla 15 960 mg/kg, ve vrstvě I vermikompostéru se žížalami.

Nejvyšší obsahy celkového fosforu byly v žampionových vermikompostech, ve kterých byl průměrný obsah P 8 329 mg/kg, ve vermikompostech z hlíivového a korálovcového substrátu se pohyboval v rozmezí 0,5 – 6,6 g/kg. Obsahy přístupného P pro rostliny byly v žampionových substrátech naopak nejnižší, nejvyšší byly u vermikompostéru vyplozeného substrátu korálovce bez žížal.

Nejvyšší obsahy celkového hořčíku byly v žampionových vermikompostech, množství celkového Mg se v nich pohybovalo mezi 6,2 – 9,7 g/kg. Nejnižší zjištěný obsah celkového Mg byl 401 mg/kg ve vrstvě IV vermikompostéru s korálovcovým substrátem bez žížal. Množství celkového Mg ve vermikompostu z vyplozeného substrátu hlívy se pohybovalo v rozmezí 2,2 – 2,9 g/kg

6 Diskuze

Edwards a kol. (2011) uvedli, že průběhu vermikompostování je důležité zajistit dostatečnou vlhkost, která by měla dosahovat 75 – 90 %. Vlhkost ve vermikompostech se pohybovala mezi 65 – 85 % vlhkosti. Ve spodních vrstvách byla vlhkost v doporučeném rozmezí, ale horní vrstvy u vyplozeného substrátu žampionu a korálovce měly vlhkost nižší, protože voda prosákla do spodních vrstev a docházelo k jejich vysychání. Dalším důvodem nízké vlhkosti vermikompostu byla i nízká vlhkost vyplozených substrátů, protože byly složeny převážně ze sušších materiál, jako jsou piliny a slaměné pelety.

Řada autorů uvádí, že činností žížal došlo ke snížení pH. Změna pH během vermikompostování závisí na chemickém složení suroviny (Zajonc, 1992; Pramanik a kol., 2007; Garg a kol. 2012). Snížení nebo zvýšení pH je způsobeno produkcí organických kyselin a amoniaku během procesu (Sharma a Garg, 2018). Vyplozený substrát po žampionu mandlovém měl pH 8,01. V průběhu vermikompostování se ve vermikompostu se žížalami hodnota pH snížila a to ve všech 4 vrstvách. Snížení pH během vermikompostování ve své studii potvrzují i Tajbakhsh a kol., (2008), kteří se zabývali vermikompostováním vyplozeného substrátu žampionu. V této studii zmiňují, že po 12 týdnech došlo ke snížení pH o 8 %. Během našeho pokusu, se pH žampionového substrátu po 14 týdnech vermikompostování (vrstva III) snížilo o 6 %. Naopak u vermikompostování vyplozeného substrátu po hlívě ústřičné došlo ve všech vrstvách ke zvýšení hodnoty pH, oproti pH vyplozeného substrátu, které bylo 4,96. Ve vermikompostech se žížalami, bylo pH spíše slabě zásadité, zatímco v kontrolním vermikompostěru, bez žížal, bylo neutrální. Zvýšení pH v průběhu vermikompostování potvrzují i další studie: Romero a kol., 2007; Fernández–Gómez a kol., 2010. Hodnota pH vyplozeného substrátu korálovce ježáteho byla 4,90. Ve vermikompostech, kde se nacházely žížaly došlo během vermikompostování ke zvýšení pH. Konkrétně se jednalo o vrstvu I a IV, oproti tomu ve vrstvě II a III došlo ke snížení. U tohoto typu vyplozeného substrátu nelze vyhodnotit, zda se vermikompostováním pH snížilo nebo naopak zvýšilo.

Poměr C:N je důležitým ukazatelem stabilizace odpadu (Garg a Grupta, 2011). V průběhu vermikompostování dochází často ke snížení poměru C:N (Manna, a kol. 2003; Nair a kol., 2006; Khwairakpam a Bhargava, 2009; Garg a kol. 2012), což prokazuje stabilizaci vermikompostu (Garg a Grupta, 2011). Jako nejlepší poměr C:N vstupních surovin je označen poměr 25:1 (Ndegwa a Thompson, 2000). Tomuto C:N se přibližoval nejvíce vylozený substrát korálovce ježáteho, jehož hodnota byla 27,3. Během jeho procesu vermikompostování se C:N

zvýšilo. Zvýšení C:N bylo zjištěno i u žampionového substrátu. Hodnota C:N vyplozeného substrátu žampionu byla 11,09 a C:N vermikompostů se pohybovalo v rozmezí 11,57 – 13,43. Změna C:N byla ovlivněna složením substrátu. Snížení C:N vyplozeného substrátu žampionu potvrzují také Tajbakhsh a kol. (2008). Vyplozený substrát hlívy ústříčné měl C:N 48,05 a během vermikompostování se hodnota C:N pohybovala v rozmezí 15,21 – 16,95. V kontrolním vermikompostéru se substrátem z hlívy ústříčné došlo k mírnému snížení, C:N se pohybovalo mezi 16,61 – 24,71. Snížení poměru bylo způsobeno složením substrátu. Hlívové pěstební substráty jsou složeny ze slámy, což je důvod klesajícího obsahu C, zatímco obsah N stoupal. Snížení C:N uvedli i Abbiramy a Ross (2012), jejichž vyplozený substrát hlívy měl poměr C:N 39,57 a po 45 dnech vermikompostování se C:N snížilo na 18,9.

Měrná vodivost nebo-li konduktivita, udává schopnost vést elektrický proud. Vodivost je způsobena obsahem solí, čím vyšší obsah solí, tím je i vyšší hodnota měrné vodivosti. Vysoká měrná vodivost je hlavní problém při využívání vyplozených substrátů. Při pěstování hub produkuje jejich mycelium řadu metabolitů, které přispívají k vysoké vodivosti vyplozeného substrátu, především se jedná o Ca^{2+} , ale také K^+ , Mg^{2+} a Na^+ (Beyer, 1998). Nejvyšší hodnota mezi sledovanými vyplozenými substráty byla zjištěna u žampionového substrátu a byla 4 523 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Fidanza a kol. (2010) zjistili měrnou vodivost u vyplozeného substrátu po žampionech 13 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a Mahera a kol. (2000) uvedli hodnotu 7 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tajbakhsh a kol. (2008) uvádějí, že po 12 týdnech vermikompostování žampionového substrátu dochází ke snížení měrné vodivosti o 40 %, což náš pokus nepotvrdil. Během našeho pokusu došlo ke snížení EC ve vrstvách I a II (6 a 14 týdnů) přibližně o 20 %, u vrstvy III (21 týdnů) se EC snížila o 12 %, nejstarší vrstva měla měrnou vodivost dokonce vyšší, než byla u samotného substrátu. V jiném výzkumu byla hodnota EC žampionového vermikompostu 5 390 $\mu\text{S}/\text{cm}$ naměřena po 90 dnech procesu (Duggan, 2015). Gonani (2011) uvádí, že vysoká vodivost vyplozených substrátů po žampionech je způsobena vysokými hladinami draslíkových iontů. Uvolňováním různých rozpustných solí a degradací organických látek se může zvýšit měrná vodivost vermikompostů (Kaviraj a Sharma, 2003). Lze tedy usoudit, že nárůst měrné vodivosti, může být způsoben vysokým obsahem živin. Měrná vodivost vyplozeného substrátu hlívy ústříčné byla 2 163 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a v průběhu vermikompostování se významně nezměnila. Bakar a kol. (2011) zjistili u substrátu hlívy měrnou vodivost 1 560 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Jejich studie se zabývala vermikompostováním odpadních kalů společně s vyplozeným substrátem hub. Byla zaměřena zejména na obsah rizikových prvků a hodnota EC po vermikompostování nebyla uvedena. Nejnižší vodivost měly vermikomposty vzniklé z vyplozeného substrátu korálovce ježatého. Nižší měrná vodivost vermikompostů vyplozených substrátů hlívy a korálovce, než

měrná vodivost vermikompostů, vzniklých ze žampionového substrátu, může být způsobena i jejich nižším obsahem živin.

Nejnižší obsahy živin byly zjištěny ve vyplozeném substrátu hlívy ústříčné. Žampionový a korálovcový substrát měly podobně vysoké obsahy draslíku. Vyplozený substrát žampionu obsahoval ze sledovaných substrátů nejvyšší podíl hořčíku. Mnoho autorů uvádí, že vermikompostování zvyšuje obsahy přístupných živin (Plaza a kol., 2008; Khwairakpam a Bhargava, 2009). Většina vzniklých vermikompostů během pokusů týkajících se této práce, měla vyšší obsahy přístupných živin v případě vermikompostéru bez žížal, nebyla tedy potvrzena informace, že by se činností žížal zvyšovaly podíly přístupných živin. Pouze vermikomposty vzniklé z vyplozeného substrátu hlívy a žampionu, měly obsahy přístupného fosforu podobné. Vyplozené substráty vznikající pěstováním hub, je nutné stabilizovat. Jejich přímá aplikace na půdu není vhodná, protože jsou nezralé a jejich vysoká měrná vodivost může být fyto toxická. Vyplozené substráty jsou vhodné pro vermikompostování, protože se jedná o pórovitý materiál, který je již částečně rozložen, navíc při jeho výrobě prošel termofilní pasterizací. Vyplozené substráty nejsou kontaminované plasty, sklem či rizikovými prvky (Dugann, 2015). I další autoři, kteří se zabývali vermikompostováním vyplozených substrátů hub potvrzují jejich použití pro vermikompostování (Tajbakhsh a kol., 2008; Mahmood, a Jamaludin, 2012; Elton, 2014; Tran 2016). Pro zlepšení výsledných vlastností vermikompostů, zejména C:N a měrné vodivosti, se osvědčilo předkompostování a následné vermikompostování vyplozených substrátů v různých poměrech s kravským nebo kozím hnojem (Izyan a kol., 2009; Azizi a kol., 2014).

7 Závěr

Diplomová práce se zabývala vermikompostováním vyplozených substrátů po pěstování hlívy ústřičné, žampionu mandlovém a korálovci ježatém. K vermikompostování byly použity žížaly druhu *Eisenia andrei*. Cílem práce bylo posoudit vhodnost vybraných vyplozených substrátů pro vermikompostování.

První hypotéza, že agrochemické a biologické parametry vyplozených substrátů se budou od sebe lišit v závislosti na pěstovaném druhu houby, se potvrdila. Vyplozené substráty se lišily ve všech sledovaných parametrech (pH, měrná vodivost, poměr C:N). Nejvyšší podíly živin, byly zjištěny u vyplozeného substrátu žampionu mandlového, naopak nejnižší obsahy byly u substrátu po hlívě ústřičné. Vyplozený substrát po korálovci ježatém měl nejvyšší obsah přístupného fosforu pro rostliny.

Druhá hypotéza, že stanovované parametry jednotlivých vrstev vermikompostovaných substrátů budou odlišné, se potvrdila pouze částečně, neboť rozdíly mezi jednotlivými vrstvami nebyly vždy statisticky významné.

Třetí hypotéza, že žížaly budou odlišně reagovat na vyplozené substráty různých druhů hub, se také potvrdila. Nejvyšší počet žížal i jejich biomasa byla zaznamenána ve vermikompostéru s vyplozeným substrátem hlívy ústřičné. Tento substrát lze označit jako nejlepší pro žížaly, protože ve srovnání s ostatními, byl ve všech vrstvách vysoký počet žížal. Nejvíce jich bylo v nejmladší vrstvě, průměrně 1 311 kusů v jednom kilogramu vermikompostu. Jejich počet klesal se stářím vrstev. Naopak nejméně jich bylo zaznamenáno ve vrstvě II vermikompostéru s vyplozeným substrátem korálovce ježatého, kde bylo nalezeno v jednom kilogramu vermikompostu průměrně 15 ks žížal. Výskyt žížal byl ovlivněn především vlhkostí substrátu.

8 Seznam literatury

- Abbasi, S. A., Nayeem–Shah, M., Abbasi, T. 2015. Vermicomposting of phytomass: limitations of the past approaches and the emerging directions. *Journal of Cleaner Production*. 90. 103–114.
- Abbiramy, K. S., Ross, P.R. 2012. Reutilization of spent waste of mushroom industry for vermiculture. *International Journal of Research in Biological Sciences*. 2 (3). 120–123.
- Adhikary, S. 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences*. 3(7). 905 –917.
- Ahlawat O. P., Sagar, M. P. 2007. Management of spent mushroom substrate. National Research Centre for Mushroom. India. p. 48.
- Aira, M., Monroy, F., Domínguez, J. 2007. Earthworms strongly modify microbial biomass and activity triggering enzymatic activities during vermicomposting independently of the application rates of pig slurry. *Science of The Total Environment*. 385 (1–3). 252–261.
- Alemu, F., Fisseha, M. 2015. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* mushroom on *Ficus vasta* leaves (Solid Waste of Plant) at Dilla University. *Ethiopia International Journal of Applied*. 2. 6–19.
- Azizi, A. B., Shafiza, M. S., Noor, Z. M., Abdullah N. 2014. Comparison of bioproduct quality from vermicomposting of spent *Pleurotus sajorcaju* compost and commercial livestock excreta. *Sains Malaysiana*. 43(11). 1699–1704.
- Bakar, A. A., Mahmood, N. Z., Teixeira da Silva, J. A., Abdullah, N., Jamaludin, A. A. 2011. Vermicomposting of sewage sludge by *Lumbricus rubellus* using spent mushroom compost as feed material: Effect on concentration of heavy metals. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*. 16. 1036–1043.
- Bellettini, M. B., Fiorda, F. A., Maieves, H. A., Teixeira G. L., Ávila, S., Hornung, P. S., Júnior, A. M., Ribani, R. H. 2016. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences*.

Beyer, D.M. 1998. The use of ion exchange resins to assess the changed in mineral element availability during the production of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. *Canadian Journal of Botany*. 76. 2084–2092.

Buchtová, I. 2017. Situační a vyhledová zpráva – zelenina. Ministerstvo zemědělství. Praha. 65 s. ISBN 978–80–7434–406–0.

Carrasquero–Durán A., Flores, I. 2009. Evaluation of lead (II) immobilization by a vermicompost using adsorption isotherms and IR spectroscopy. *Bioresource Technology*. 100. p. 1691.

Corrêa, R. C. G., Brugnari, T., Bracht, A., Peralta, R. M., Ferreira, I. C. F. R. 2016. Biotechnological, nutritional and therapeutic uses of *Pleurotus* spp. (Oyster mushroom) related with its chemical composition: A review on the past decade findings. *Trends in Food Science & Technology*. 50. 103–117.

Domínguez J., Aira M., Gómez–Brandón, M. 2010. Vermicomposting: Earthworms enhance the work of microbes. In: Insam H., Franke–Whittle I., Goberna M. (eds) *Microbes at work*. Springer. Berlin. Heidelberg. 93–114. ISBN: 978–3–642–04042–9.

Domínguez, J. 2004. State of the art and new perspectives in vermicomposting research. In: Edwards C. A. (ed). *Earthworm Ecology*. CRC Press. Boca Raton. 401–425.

Domínguez, J., Edwards, C. A. 2004. Vermicomposting organic wastes: a review. In: Hanna, S. H. S., Mikhail, W. Z. A. (eds.). *Soil zoology for sustainable development in the 21st century*. Self–Publisher. Cairo. 369–395. ISBN: 978–0–12–801535–3.

Domínguez. J., Edwards. C. A., Subler, S. 1997. A comparison of composting and vermicomposting. *Biocycle*. 4. 57–59.

Duggan, T. 2015. Effects of vermicomposted spent mushroom compost on growing medium characteristics, plant growth, yield and abiotic stress tolerance. PhD Thesis, University College Cork. p. 191.

Dvořák, D. 2006. *Hericium erinaceus* (Bull.: Ft.) Pers. In: Holce, J., Beran, M. (eds.) Červený seznam hub (makromycetů) České republiky. Příroda. Praha. 125s.

Edwards, C. A., Fletcher, K. E. 1988. Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter breakdown. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 24 (1–3). 235–247.

Edwards, C. A., Subler, S., Arancon, N. Q. 2011. Quality criteria for vermicomposts. In: Arancon, N. Q., Sherman, R., L. (eds.). *Vermiculture Technology Earthworms, Organic Waste and Environmental Management*. CRC Press. Boca Raton. p. 287–301. ISBN: 978–1–4398–0987–7.

Edwards, C.A., Arancon N.Q., Sherman R. 2010. *Vermiculture technology: Earthworms, organic wastes, and environmental management*. CRC Press. Boca Raton. p. 623. ISBN 978–1–4398–0987–7.

Elton, T., Rosenani, A. B., Fauziah, C. I., Kadir, J. 2014. Comparison of sago pith waste vermicompost characteristics to vermicomposts of different feedstock in Malaysia. *Malaysian Journal of Soil Science*. 8. 103–114.

EN 13037.1999. Soils improvers and growing media – Determination of pH, CEN Brussels.

EN 13651. 2001. Soil improvers and growing media – Extraction of calcium chloride/DTPA (CAT) soluble nutrients.

FAOSTAT. 2018. FAO Statistical Database.

Fataei, E., Majd, K. H., Zakeri, F., Jeddi, E. A. 2011. An experimental study of vermicomposting with earthworm (*Eisenia foecida*) growth in edible mushrooms wastes. *International Journal of Bio-Resource & Stress Management*. 2 (1). 066–068.

Fernandes, A., Barros, L., Martins, A., Herbert, P., Ferreira, I. C. F. R. 2015. Nutritional characterisation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. produced using paper scraps as substrate. *Food Chemistry*. 169. 396–400.

Fernández-Gómez, M. J., Nogales, R., Insam, H., Romero, E., Goberna, M. 2010. Continuous-feeding vermicomposting as a recycling management method to revalue tomato-fruit wastes from greenhouse crops. *Waste management*. 30 (12). 2461–2468.

Fidanza, M. A., Sanford, D. L., Beyer, D. M., Aurentz, D. J. 2010. Analysis of fresh mushroom compost. *HortTechnology*. 20(2). 449–453.

Firenzuoli, F., Gori, L., Lombardo, G. 2008. The medicinal mushroom *Agaricus blazei* Murrill: Review of literature and pharmaco-toxicological problems. *Based Complementary and Alternative Medicine*. 5 (1). 3–15.

Garg, V. K., Suthar, S., Yadav, A. 2012. Management of food industry waste employing vermicomposting technology. *Bioresource Technology*. 126. 437–443.

Garg, V. K., Gupta, R. 2011. Optimization of cow dung spiked pre-consumer processing vegetable waste for vermicomposting using *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 74. 19–24.

Gonani, Z., Riahi, H., Sharifi, K. 2011. Impact of using leached spent mushroom compost as a partial growing media for horticultural. *Journal of Plant Nutrition*. 34(3). 337–344.

Hanč, A., Drešlová, M. 2016. Effect of composting and vermicomposting on properties of particle size fractions. *Bioresource technology*. 217. 189–289.

Hanč, A., Chladimová, Z. 2014. Nutrient recovery from apple pomace waste by vermicomposting technology. *Bioresource Technology*. 168. 240–244

Hanč, A., Plíva, P. 2013. *Vermikompostování bioodpadů (certifikovaná metodika)*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 35 s. ISBN: 9788021324220.

Hargreaves, J. C., Adl, M. S., Warman, P. R. 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 123. 1–14.

- Haug, R. 1993. The practical handbook of the compost engineering. CRC Press. p. 752. ISBN: 9780873713733.
- Hetland, G., Johnson, E., Lyberg, T., Bernardshaw, S., Tryggestad, A. M. A., Grinde, B. 2008. Effects of the medicinal mushroom *Agaricus blazei* Murill on immunity, infection and cancer. *Scandinavian Journal of Immunology*. 68 (4). 363–370.
- Chauhan, R. P. 2014. Role of earthworms in soil fertility and factors affecting their population dynamics: a review. *International Journal of Research* .1 (6). 642–649.
- Izyan N. A. N. N, Jamaludin, A. A., Mahmood, N. Z. 2009. Potential of spent mushroom substrate in vermicomposting. In: Karmegam, N. (Ed.). *Vermitechnology I. Dynamic Soil, Dynamic Plant* 3. (2). 87–90.
- Jablonský, I., Šašek, V. 2006. *Jedlé a léčivé houby: pěstování a využití*. Praha. Brázda. 2006. 263 s. ISBN 80–209–0341–0.
- Jordan, S. N., Mullen, G. J., Murphy, M. C. 2008. Composition variability of spent mushroom compost in Ireland. *Bioresource Technology*. 99 (2). 411–418.
- Kalina, M. 2016. *Hnojení půdy a kompostování v zahradě*. Grada Publishing. Praha. 128 s. ISBN: 978–80–247–5848–0.
- Kalina, T., Váňa, J. 2005. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum. Praha. 606 s. ISBN 80–246–1036–1.
- Kaviraj, Sharma, S. 2003. Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworms. *Bioresource Technology*. 90 (2). 169–173.
- Kerrigan, R. W. 2005. *Agaricus subrufescens*, a cultivated edible and medicinal mushroom, and its synonyms. *Mycologia*. 97 (1). 12–24.

- Khan, A., Mousumi, T., Liu, R., Rahman, M. M. 2013. *Hericium erinaceus*: an edible mushroom with medicinal values. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*. 10 (1). 253–258.
- Khwairakpam, M., Bhargava, R. 2009. Vermitechnology for sewage sludge recycling. *Journal of Hazardous Materials*. 30 (2–3). 948–954.
- Kollárová, M., Plíva, P., Jelínek A., Zemánek, P., Burg, P., Altmann, V., Mimra, M., Hájková, V. 2007. *Zásady pro obhospodařování trvalých travních porostů*. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. 54 s. ISBN: 978–80–86884–20–2.
- Lepšová, A. 2005. *Houby jako elixír života: hlíva ústříčná (nové poznatky), houževnatec jedlý, penízovka sametonohá, kukmák sklepní a další*. Víkend. Praha. 84 s. ISBN 80–7222–369–0.
- Li, P., Zhang, X., Hu, H., Sun, Y., Wang, Y., Zhao, Y. 2013. High carbon dioxide and low oxygen storage effects on reactive oxygen species metabolism in *Pleurotus eryngii*. *Postharvest Biology and Technology*. 85. 141–146.
- Lim, S. L., Lee, L. H., Wu, T. Y. 2016. Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*. 111. 262–278.
- Lleó, T., Albacete, E., Barrena R., Font X., Artola, A., Sánchez, A. 2013. Home and vermicomposting as sustainable options for biowaste management. *Journal of Cleaner Production*. 47. 70–76.
- Lores, M., Gómez–Brandón, M., Pérez–Díaz, D., Domínguez, J., 2006. Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. *Soil Biology and Biochemistry*. 38. 2993–2996.
- Lung, J., Lin C. M., Kim J. M., Marshall M. R., Nordstedt R., Thompson, N. P., Wei, C. I. 2001. Destruction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* in cow manure composting. *Journal of Food Protection*. 64 (9). 1309–1314.

- Maher, M. J., Magette, W. L., Smyth, S., Duggan, J., Dodd, V. A., Hennerty, M. J., McCabe, T. 2010. Managing spent mushroom compost. end of project reports. Teagasc. p. 34.
- Mahmood, N. Z., Jamaludin, A. A. 2012. Waste Recycling: Feasibility of Saw Dust Based Spent mushroom substrate and goat manure in vermicomposting. *Sains Malaysiana*. 41(80). 1445–1450.
- Manna, M. C., Jha, S., Ghosh, P.K., Acharya, C. L. 2013. Comparative efficacy of three epigeic earthworms under different deciduous forest litters decomposition. *Bioresource Technology*. 88 (3). 197–203.
- Medina, E., Paredes, C., Bustamante, M.A., Moral, R., Moreno-Caselles, J. 2012. Relationships between soil physico-chemical, chemical and biological properties in a soil amended with spent mushroom substrate. *Geoderma*. 173–174. 152–161.
- Mieslorová, B., Sedlářová, M., Lebeda, A. 2016. Houby a houbám podobné organismy v biotechnologiích. Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc. 2016. 199 s. ISBN: 978-80-244-4983-8.
- Mizuno, T. 2002. Medicinal properties and clinical effects of culinary-medicinal mushroom *Agaricus blazei* Murrill (Agaricomycetidae) (review). *International Journal of Medicinal Mushrooms*. 4 (4). 299–312.
- Munroe, G. 2007. Manual of on-farm vermicomposting and vermiculture. EcoAction program of environment Canada. Organic Agriculture Centre of Canada. p 56.
- Nair J., Sekiozoic, V., Anda, M. 2006. Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste. *Bioresource Technology*. 97 (16). 2091–2095.
- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A. 2000. Effect of C-to-N ratio on vermicomposting of Biosolids.. *Bioresource Technology*. 75. 7–12.

- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology*. 76. 107–112.
- Nigussie, A., Kuyper, T. W., Bruun, S., Neergaard, A. 2016. Vermicomposting as a technology for reducing nitrogen losses and greenhouse gas emissions from small-scale composting. *Journal of Cleaner Production*. 139. 429–439.
- Patočka, J., Burle, V. 2012. Korálovce, houby, které si zaslouží ochranu. *Vesmír*. 91. 154–155.
- Paula, F. S., Abram, E. T. F., Wilson, J., O'Flaherty, V. 2017. Stabilisation of spent mushroom substrate for application as a plant growth-promoting organic amendment. *Journal of Environmental Management*. 196. 476–486.
- Paulová, L., Pavlová, E., Olšan, V., Jaisamut, K., Lipovský, J., Rychtera, M., Melzoch, K. 2010. Využití odpadních materiálů a bázi lignocelulózy jako suroviny pro výrobu bioetanolu. *Chemagazín*. 20 (5). 16 – 18.
- Phan, CW., Sabaratnam, V. 2012. Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosic enzymes. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 94 (4). 863–873.
- Pižl, V. 2002. Žížaly České republiky = Earthworms of the Czech Republic. Sborník Přírodovědného klubu v Uherském Hradišti. Uherské Hradiště. 154 s. ISBN:8086485048.
- Plaza, C., Nogales, R., Sensei, N., Benitez, E., Polo, A. 2008. Organic matter humification by vermicomposting of cattle manure alone and mixed with two-phase olive pomace. *Bioresource Technology*. 99(11). 5085–5089.
- Plíva, P., Altmann, V., Hanč, A., Hejátková, K., Roy., Souček, J., Valentová, L. 2016. Kompostování a kompostárny. Profi Press s.r.o.. Praha. 149 s. ISBN:978–80–86726–74–8.
- Plíva, P., Banout, J., Habart, J., Jelínek, A., Kollárová, M., Roy, A., Tomanová, D. 2006. Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. 65 s. ISBN: 80–86884–11–2.

Pramanik, P., Ghosh, G. K., Ghosal, P. K., Banik, P. 2007. Changes in organic – C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. *Bioresource Technology*. 98. 2485–2494.

Prováděcí nařízení komise (EU) č. 543/2011 ze dne 7. června 2011, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Rady (ES) č. 1234/2007 pro odvětví ovoce a zeleniny a odvětví výrobků z ovoce a zeleniny Dostupné také z <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32011R0543>>.

Reinecke, A. J., Viljoen S. A. 1991. A comparison of the biology of *Eisenia fetida* and *Eisenia andrei* (Oligochaeta). *Biology and Fertility of Soils*. 11. 295–300.

Ribas, L. C. C., Mendonça, M. M., Camellini, C. M., Soares, C. H. L. 2009. Use of spent mushroom substrates from *Agaricus subrufescens* (syn. *A. blazei*, *A. brasiliensis*) and *Lentinula edodes* productions in the enrichment of a soil-based potting media for lettuce (*Lactuca sativa*) cultivation: Growth promotion and soil bioremediation. *Bioresource Technology*. 100 (20). 4750– 4757.

Romero, E., Plaza, C., Senesi, N., Nogales, R., Polo, A. 2007. Humic acid-like fractions in raw and vermicomposted winery and distillery wastes. *Geoderma*. 139 (3). 397–406.

Sánchez, C. 2010. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 85 (5). 1321–1337.

Senesi, N. 1989. Composted materials as organic fertilizers. *Science of The Total Environment*. 81–82. 521–542.

Sharma, K. Garg, V. K. 2018. Comparative analysis of vermicompost quality produced from rice straw and paper waste employing earthworm *Eisenia fetida* (Sav.). *Bioresource Technology*. 250. 708–715.

Singh, R. P., Singh, P., Araujo A. S. F., Ibrahim, M. H., Sulaiman, O. 2011. Management of urban solid waste: Vermicomposting a sustainable option. *Resources. Conservation and Recycling*. 55. 719–729.

Slejška, A. 1999. Vermikompostování. *Regena*. 5. 19.

Suthar, S. 2009. Vermicomposting of vegetable–market solid waste using *Eisenia fetida*: Impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate. *Ecological Engineering*. 35 (5). 914–920.

Tajbakhsh, J., Abdoli, M. A., Goltapeh, M. E., Alahdadi, I., Malakouti, M. J. 2008. Trend of physico–chemical properties change in recycling spent mushroom compost through vermicomposting by epigeic earthworms *Eisenia foetida* and *E. andrei*. *Journal of Agricultural Technology*. 4(2). 185–198.

Tajbakhsh, J., Goltapeh, E. M., Varma, A. 2011. Vermicompost as a biological soil amendment. In: *Biology of Earthworm*. (ed) Karaca, K. Springer. 215–228.

Tlustoš, P., Jablonský, I., Jelínek, F., Kaplan, L., Koudela, M., Bazalová, M. 2016. Zhodnocení fyzikálně–chemických a biologických vlastností substrátů založených na bázi separátů upravených fermentací: certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze. 37 s. ISBN: 978–80–213–2677–4.

Tran, H.D. 2016. Vermicomposting of spent mushroom compost using *Perionyxekavatus* and artificial nutrient compound. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*. 2(6). 101–109.

Vyhláška č. 291/2010 Sb. ze dne 27. října 2012, kterou se mění vyhláška č. 157/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro čerstvé ovoce a čerstvou zeleninu, zpracované ovoce a zpracovanou zeleninu, suché skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich, jakož i další způsoby jejich označování, ve znění vyhlášky č. 650/2004 Sb. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2010. Dostupné také z <www.mvcr.cz/soubor/sb109-10-pdf.aspx>.

Valíček, P. 2011. Houby a jejich léčivé účinky. Start. Benešov. 151 s. ISBN:978–80–86231–54–9.

Williams, B. C. McMullan, J. T., McCahey, S. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresource Technology*. 79 (3). 227–230.

Xu, X., Yan, H., Chen, J., Zhang, X. 2011. Bioactive proteins from mushrooms. *Biotechnology Advances*. 29 (6). 667–674.

Zajonc, I. 1992. Chov žížal a výroba vermikompostu. Animapress. Dunajská Streda. 59 s. ISBN: 8085567075.

Zákon č. 110/1997 Sb. ze dne 9. května 1997 o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů. In: Sbíрка zákonů České republiky. 1997. částka 39. s. 2578–2582. ISSN: 1211–1244. Dostupné také z <www.mvcr.cz/soubor/sb070-08-pdf.aspx>.

9 Přílohy



Obr. 1: Vermikompostéry s vyplozeným substrátem hub (foto vlastní).



Obr. 2: Vermikompostéry s vyplozeným substrátem hlívy ústříčné (foto vlastní).



Obr. 3: Vyplozený substrát žampionu mandlového a korálovce ježatého (foto vlastní).



Obr. 4: Vermikompostéry se žížalami (foto vlastní).



Obr. 5: Vybrané žížaly z vermikompostu (foto vlastní).



Obr. 6: Měření měrné vodivosti (foto vlastní).



Obr. 7: Filtrování vzorků pro stanovení přístupných živin (foto vlastní).



Obr. 8: Rozklad na mokré cestě (foto vlastní).