

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin

CZECH UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES PRAGUE
Department of Agro-Environmental Chemistry and Plant Nutrition



Sborník z 25. mezinárodní konference

RACIONÁLNÍ POUŽITÍ HNOJIV

*zaměřené na význam a poslání
organických látek v půdě*

Proceedings of 25th International Conference on

REASONABLE USE OF FERTILIZERS

*dedicated to the importance and the role of
organic matter in soil*

15. 11. 2019, ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA v PRAZE
Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin

CZECH UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES PRAGUE
Department of Agro-Environmental Chemistry and Plant Nutrition



Sborník z 25. mezinárodní konference

RACIONÁLNÍ POUŽITÍ HNOJIV

*zaměřené na význam a poslání
organických látek v půdě*

Proceedings of 25th International Conference on

REASONABLE USE OF FERTILIZERS

*dedicated to the importance and the role of
organic matter in soil*

15. 11. 2019, ČZU v Praze

VERMIKOMPOSTY – JEJICH PŘÍPRAVA A SLOŽENÍ

(Vermicomposts – Their Preparation and Composition)

Aleš Hanč, Tereza Hřebečková

Department of Agro-Environmental Chemistry and Plant Nutrition, Faculty of Agrobiology,
Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129,
165 00 Prague – Suchbátka, Czech Republic, hanc@af.czu.cz

Abstract

Vermicomposting uses the cooperation of earthworms and microorganisms. Earthworms of genus *Eisenia* are most commonly used in temperate climate. Since earthworms do not tolerate temperatures above 35°C, the thermophilic decomposition phase cannot be included here. Especially this makes the technology of vermicomposting different from classical composting. In the Czech Republic, the quality of vermicompost is regulated by Czech Technical Standard 46 5736. The mature vermicompost must comply with the quality characteristics, minimum content of nitrogen, phosphorus and potassium, and maximum limits for risk elements.

Key words: vermicomposting; vermicompost; earthworms; chemical and biological properties

Vermikompostování pochází z latinského slova *vermis*, což znamená červ. Jedná se o biooxidační a stabilizační proces přeměny organických materiálů, který využívá interakce mezi intenzivní činností žížal a mikroorganismů a nezahrnuje termofilní fázi rozkladu [1]. V aktivní fázi verмикompostování zabezpečují žížaly překopávání, fragmentaci a aeraci [2]. Dozrávací fáze se účastní již jen mikroorganismy. Žížaly se přesouvají do čerstvější vrstvy bioodpadu [3]. Délka obou fází se odvíjí od složení bioodpadu a druhu žížal [4].

Používané žížaly

Pro úspěšné zpracování bioodpadů se používají epigeické druhy žížal, které se vyznačují tím, že žijí ve velmi těsné blízkosti povrchu a konzumují pouze organickou hmotu [5]. V našich podmínkách se jedná zejména o žížaly druhu *Eisenia andrei*. Jedna žížala vyprodukuje jeden kokon přibližně za 2 až 3 dny. Oplozená vajíčka se dále vyvíjejí v kokonu přibližně tři týdny. Z jednoho kokonu se vylíhnou přibližně 3 žížalky. *Eisenia andrei* dospívá do čtyř týdnů po vylíhnutí. Hmotnost jedince se udává v průměru 0,5 g, ale existuje široké hmotnostní rozpětí v závislosti na druhu zpracovávaného bioodpadu a podmínkách prostředí. Maximálně se *Eisenia andrei* může dožít 5 let v závislosti na kvalitě prostředí [6].

Základní podmínky pro úspěšné vermikompostování

Žížaly pro svůj život potřebují vlhké prostředí (vlhkost kolem 80 %, což je více než při klasickém kompostování) a dostatek vzduchu. Je to z toho důvodu, že žížaly obsahují přibližně 70 – 90 % vody a dýchají celým povrchem těla [7]. Žížaly preferují neutrální hodnotu pH, avšak krmivo s hodnotou pH v mírně kyselé oblasti (např. jablečné výlisky nebo matolína z vinné révy) pro ně nepředstavuje problém [8, 9]. Do jícnu žížaly vyúsťují vápenaté žlázy, které jsou schopny upravit hodnotu pH střevního obsahu, což je jedním z důvodů, proč jsou exkrementy, které vycházejí ze žížal, neutrální až zásadité.

Pro žížaly je kritický obsah solí v jejich prostředí vyšší než 0,5 % [10]. Velmi důležitým faktorem pro úspěšné množení a růst žížal je teplota. Ideální teplota je mezi 15 až 25°C [11]. Nižší hodnoty tohoto rozmezí podporují u žížal větší konzumaci potravy, při vyšších teplotách dochází k větší reprodukci. Při teplotách pod 10°C a nad 25°C se produktivita vermikompostování výrazně snižuje. Kritická teplota je pod 0°C. Bylo však již potvrzeno, že kokony žížal rodu *Eisenia* mohou po nějakou dobu přežít i ve zcela zmrzlém prostředí [12]. Nepříjemná je pro žížaly teplota nad 35°C, kdy se výrazně zvyšuje mikrobiální aktivita, což má za následek snižování obsahu kyslíku [13]. V důsledku toho žížaly opouštějí své prostředí a začínají hynout. Vermikompostování tedy nemůže, na rozdíl od klasického kompostování, zahrnovat termofilní fázi rozkladu, při které se dosahuje vysokých teplot [14]. Zejména díky tomuto faktoru se technologie vermikompostování liší od klasického kompostování. Krmivo s vysokým obsahem amonného dusíku, ze kterého by se mohl uvolňovat amoniak, je pro žížaly nevhodné [15]. Do vermikompostovaných materiálů by se neměly ve zvýšené míře přidávat živočišné zbytky, tuky či mléčné výrobky [16]. Přírodními nepřáteli žížal jsou hlodavci, zejména krtci, dále ptáci, žáby a stonožky.

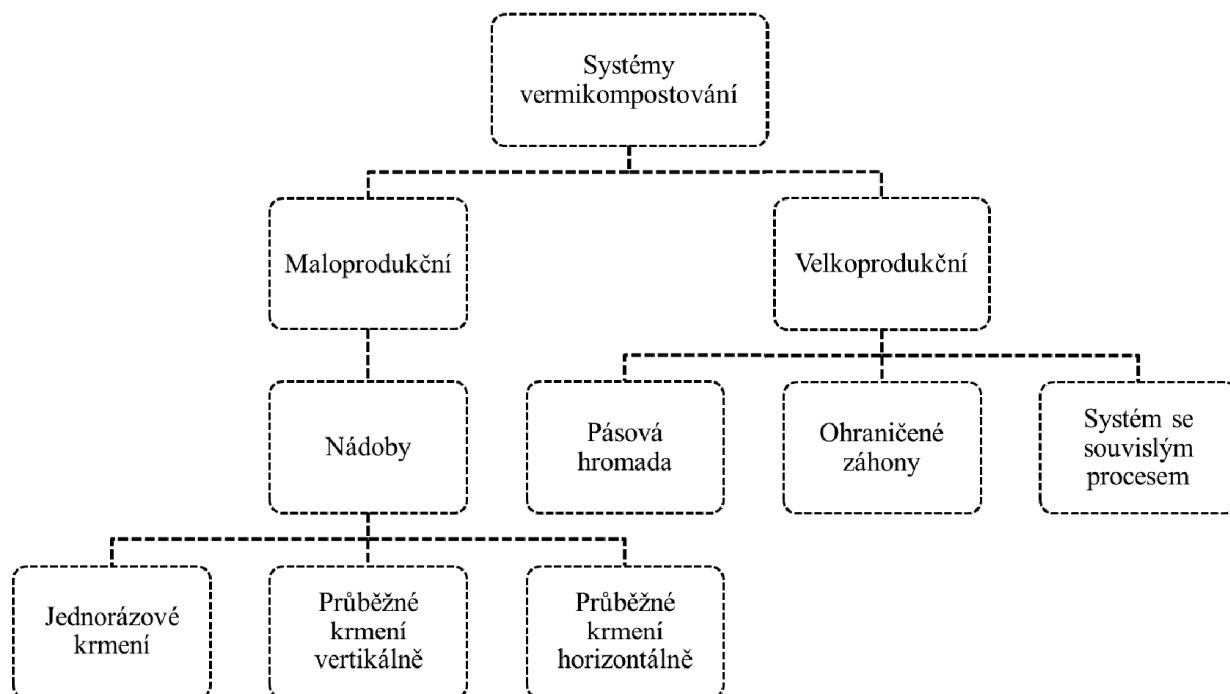
Technologické systémy vermikompostování

Typy nejčastěji používaných vermikompostovacích systémů jsou zobrazeny na obr. 1. [17].

Maloprodukční vermikompostování nachází uplatnění zejména v bytech a v kancelářích. Nejčastěji se používají patrové vermikompostéry vyrobené z plastu nebo ze dřeva. Jako podestýlka pro založení vermikompostovacího procesu v malém vermikompostéru jsou nejběžněji využívány – tráva, listí, roztrhaný a navlhčený papír, rašelina, hobliny nebo kokosové vlákno. Volba nevhodné podestýlky může být příčinou špatného průběhu vermikompostovacího procesu. Přibývajících zbytků jídla obsahují vodu a mohou zpomalit vermikompostovací proces a snížit množství žížal ve vermikompostéru. Nutné je tedy lůžko udržovat přiměřeně vlhké a provzdušněné. Žížaly se krmí jednou až dvakrát týdně. Žížaly o hmotnosti 0,5 kg zkonzumují zhruba 0,25 kg bioodpadů denně. Počet žížal se zdvojnásobí přibližně za 3 měsíce. Objem bioodpadu se postupně zpracováváním žížalami zmenšuje na 1/3 až 1/4 svého původního objemu. V dolní části vermikompostéru je zásobník s neděrovaným dnem a s vypouštěcím ventilem, kam

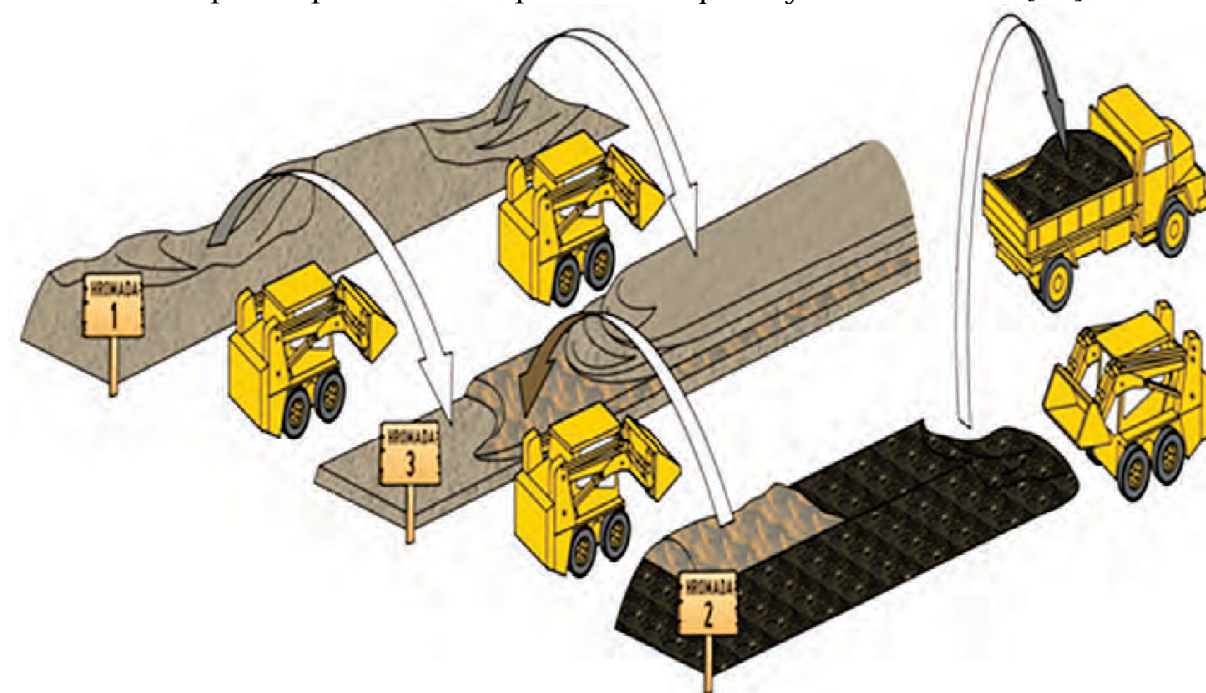
je sváděna přebytečná tekutina z horních pater, odkud se může průběžně čerpat. Tato tekutina je kapalné hnojivo pro pokojové květiny i zahradu. Pro jeho aplikaci se doporučuje smíchat ho s vodou, nejlépe v poměru 1:9.

Obr. 1. Nejpoužívanější systémy vermikompostování [17]



Při velkoprodukčním vermikompostování ve venkovních podmínkách se často používá systém pásových hromad, který je technicky jednoduchý a nenáročný na investice. Principem je přidávání bioodpadu na povrch hromady ve vrstvách tak, aby se nadměrně nezahříval (např. vrstva o výšce 10 cm jednou za týden). V letním suchém období je potřeba pásovou hromadu zalévat. Při výšce hromady větší než 0,5 m nejsou žížaly většinou náchylné na povětrnostní vlivy. V zimě zmrzne jen tenká povrchová vrstva a žížaly uvnitř hromady přežívají, částečně zpracovávají bioodpad a při vyšší teplotě se i množí. Vermikompostování v pásových hromadách je zobrazeno na obr. 2. [18]. Z hromady č. 2 je horní vrstva s většinou žížal oddělena od hotového vermikompostu a je použita do nově připravené pásové hromady č. 3, kde byla vytvořena podkladní vrstva z uskladněných bioodpadů z hromady č. 1. Hotový vermikompost z nižších vrstev hromady č. 2, který již neobsahuje žížaly, je možné vyskladnit. Tímto postupem je zajištěno nepřetržité zpracovávání bioodpadů bez nutnosti nákupu nových žížal.

Obr. 2. Sled operací při vermikompostování v pásových hromadách [18]



Základní složení vermikompostů

V tabulce I jsou uvedeny základní parametry vermikompostů vyprodukovaných z různých surovin.

ČSN 46 5736 pro vermikomposty udává hodnoty, které by měly vermikomposty splňovat [19]. Vlhkost by se měla pohybovat v rozmezí 50 – 70 %, minimální podíl spalitelných látek by měl být 35 %, hodnota pH mezi 6 – 9, poměr C:N maximálně 30:1, celkový obsah dusíku minimálně 1 %, celkový obsah fosforu ve formě P_2O_5 min. 0,6 %, což je cca 0,26 % P a celkový obsah draslíku ve formě K_2O min. 1 %, což je 0,83 % K. Nejvyšší vlhkost ze všech sledovaných vermikompostů vykazoval vermikompost z kávové sedliny se slaměnými peletami (84,5 %) a nejnižší vermikompost z biologicky rozložitelného bioodpadu (BRKO) z domácností a zahrad (55,9 %) (tab. I). Většina z naměřených vlhkostí neodpovídá rozmezí vlhkosti dané normou. Vlhkost byla většinou vyšší než 70 %, což je způsobeno požadavkem vyšší vlhkosti během vermikompostování (kolem 80 %). Výše vlhkosti je nepřímo úměrná výkupní ceně vermikompostu. Před prosátím vermikompostu na různé velikostní frakce se vermikompost nechává přirozeně vysoušet, aby splnil požadavek ČSN. Hodnota pH se u většiny vermikompostů pohybovala ve slabě zásadité oblasti. Nejvyšší pH bylo naměřeno u vermikompostu z koňského hnoje (8,74), naopak nejnižší hodnota byla naměřena ve vermikompostu z vyplozeného substrátu po pěstování korálovce ježatého. Byl nalezen statisticky významný rozdíl právě mezi hodnotou pH vermikompostu z vyplozeného substrátu po pěstování korálovce a hodnotami pH vermikompostů z koňského hnoje a z bioodpadu z údržby parku.

I. Fyzikálně-chemické parametry vermikompostů, vyprodukovaných z různých surovin, pocházejících z laboratorních a provozních experimentů

Vermikompost	Vlhkost [%]	pH(H ₂ O)	Spal. látky [%]	N [%]	C:N	P [%]	K [%]
Košský hnůj	71,58 ± 0,39 ab	8,74 ± 0,04 a	56,40 ± 0,71 abc	1,78 ± 0,03 ab	13,39 ± 0,19 ab	0,40 ± 0,01 ab	1,71 ± 0,04 ab
BRKO – park	56,06 ± 3,66 a	8,68 ± 0,26 a	44,74 ± 6,21 abc	1,37 ± 0,07 a	14,73 ± 0,86 ab	0,28 ± 0,03 ab	1,17 ± 0,07 ab
BRKO – zahrady a domácnosti	55,91 ± 0,31 ab	8,11 ± 0,12 ab	36,39 ± 2,46 ac	1,62 ± 0,06 ab	11,21 ± 0,55 a	0,54 ± 0,05 ab	1,82 ± 0,04 ab
Ovocné výlisky se slámou	76,89 ± 9,29 ab	8,78 ± 0,08 a	50,70 ± 12,79 abc	1,98 ± 0,45 ab	12,78 ± 0,64 ab	0,42 ± 0,11 ab	1,81 ± 0,36 ab
Jablečné výlisky	75,62 ± 1,36 ab	6,89 ± 0,28 ab	71,57 ± 0,43 abc	2,72 ± 0,07 ab	13,13 ± 0,35 ab	0,98 ± 0,02 a	2,36 ± 0,05 ab
Separovaný digestát 75 % obj. + sláma 25 % obj.	83,53 ± 1,10 b	7,70 ± 0,61 ab	75,33 ± 0,87 abc	2,43 ± 0,15 ab	15,53 ± 0,97 ab	0,89 ± 0,04 a	2,22 ± 0,33 ab
Matolina	65,03 ± 1,07 ab	8,10 ± 0,10 ab	92,55 ± 1,70 bd	2,27 ± 0,03 ab	18,96 ± 0,39 b	0,26 ± 0,01 ab	1,54 ± 0,04 ab
Lihovarské výpalky se slámou	73,59 ± 1,09 ab	7,61 ± 0,10 ab	63,50 ± 7,49 abc	2,69 ± 0,30 ab	11,96 ± 0,35 ab	0,67 ± 0,03 ab	1,30 ± 0,03 ab
Kal ze sladovny 20 % obj. + zeměd. bioodpad 80 % obj.	58,22 ± 1,85 ab	8,15 ± 0,07 ab	31,18 ± 1,99 a	1,40 ± 0,09 ab	11,22 ± 0,52 a	0,50 ± 0,10 ab	1,08 ± 0,09 a
Vypložený houbový substrát – hlíva ústříčná	81,59 ± 0,20 ab	7,61 ± 0,09 ab	72,70 ± 0,47 abc	2,59 ± 0,07 ab	14,06 ± 0,36 ab	0,37 ± 0,01 ab	2,61 ± 0,04 b
Vypložený houbový substrát – žampion ABM	77,74 ± 0,10 ab	7,68 ± 0,06 ab	65,27 ± 0,82 abc	2,83 ± 0,02 ab	11,54 ± 0,21 ab	0,84 ± 0,09 ab	2,45 ± 0,13 ab
Vypložený houbový substrát – korálovec ježatý	79,82 ± 2,14 ab	5,35 ± 0,93 b	89,63 ± 2,36 cd	2,26 ± 0,73 ab	21,80 ± 9,21 ab	0,41 ± 0,13 ab	1,24 ± 0,61 ab
Kávová sedlina 25 % obj. + slaměné pelety 75 % obj.	84,58 ± 0,51 ab	7,81 ± 0,02 ab	80,07 ± 1,88 abc	2,91 ± 0,14 b	13,57 ± 0,45 ab	0,25 ± 0,01 b	2,16 ± 0,07 ab

Obsahy prvků jsou uvedeny v sušině. Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka, n=3. Rozdílná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými vermikomposty (Kruskal-Wallis ANOVA test, p≤0,05).

BRKO – biologicky rozložitelný odpad

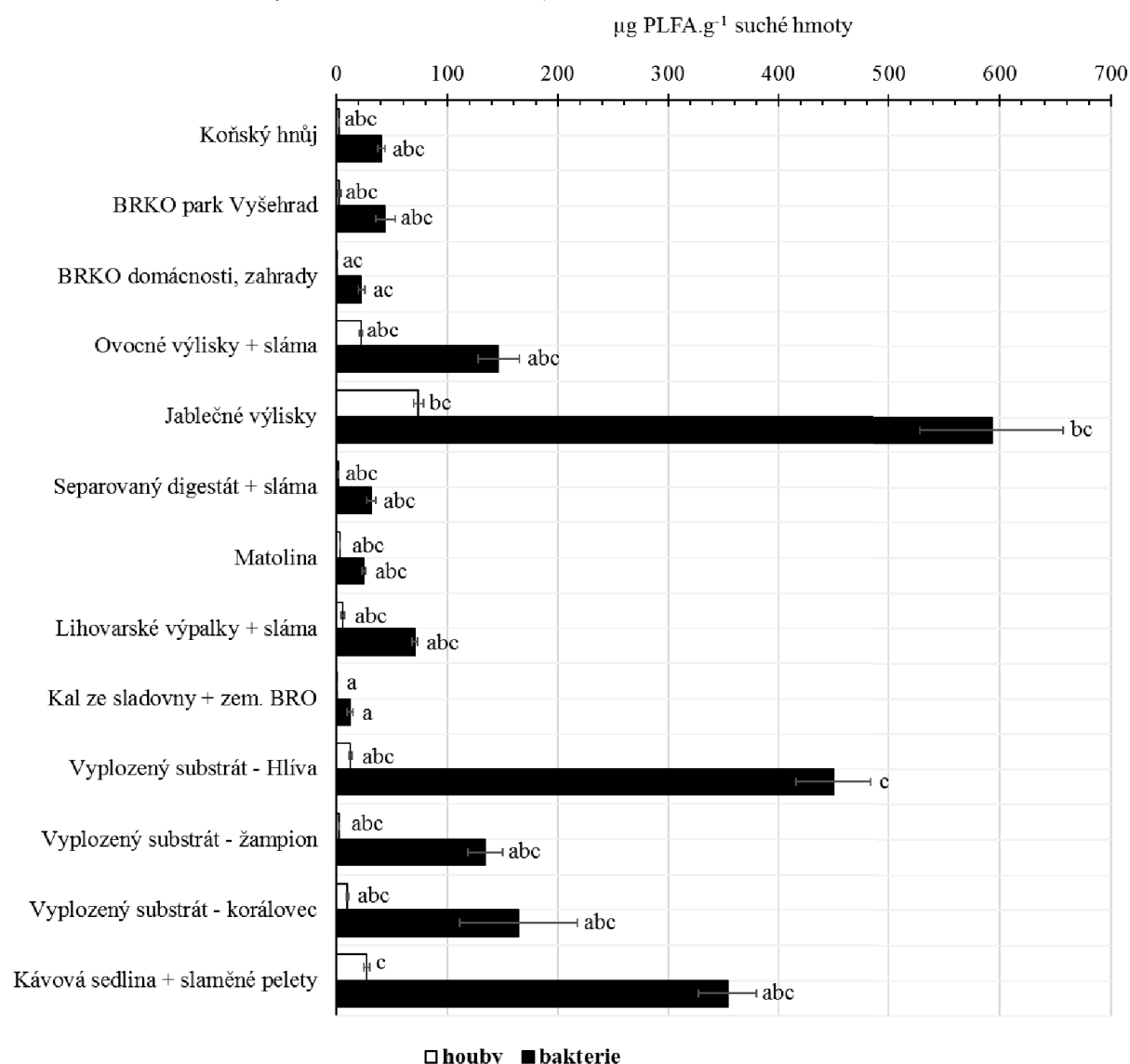
Nejvyšší procento spalitelných látek bylo naměřeno ve vermikompostu z matoliny (92,6 %), což bylo způsobeno vysokým obsahem nerozložených zrníček. Naopak nejnižší procento spalitelných látek vykazoval vermikompost z kalu ze sladovny se zemědělským bioodpadem (31,2 %) a BRKO z domácností a zahrad (36,4 %). U procenta spalitelných látek byly nalezeny velké statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými vermikomposty. Maximálnímu poměru C:N dle zmíněné normy vyhověly všechny vermikomposty. Nejvyšší procento N bylo naměřeno u vermikompostu z kávové sedliny se slaměnými peletami (2,91 %),

naopak nejnížší pak u vermikompostu z odpadu z údržby parku (1,37 %). Nejvyšší procento P bylo naměřeno u vermikompostu z jablečných výlisků (0,98 %), nejnížší pak u kávové sedliny se slaměnými peletami, kde byla naměřena hodnota $0,25 \pm 0,01$ %, což po přičtení směrodatné odchylky odpovídá minimální hodnotě stanovené uvedenou normou. Nejvyšší procento K bylo naměřeno u vermikompostu z vyplozeného substrátu po pěstování hlívy ústřičné (2,61 %), nejnížší naopak u varianty z kalu ze sladovny se zemědělským BRO (1,08 %), mezi těmito variantami byl také zaznamenán statisticky významný rozdíl. Ze všech zkoumaných vermikompostů by dle normy nevyhověl, ani po přičtení směrodatné odchylky, vermikompost z kalu ze sladovny se zemědělským BRO, kvůli příliš nízkému procentu spalitelných látek. Kromě minimálního obsahu N, P a K, musí vermikomposty splňovat i limitní hodnoty rizikových prvků udávané normou pro vermikomposty.

V grafu 1 jsou uvedeny obsahy hub a bakterií ve vermikompostech vyprodukovaných z různých surovin (vyjádřeno obsahem fosfolipidových mastných kyselin – PLFA). Ačkoli byl ve vermikompostu z kalu ze sladovny a zemědělského bioodpadu zjištěn nejvyšší poměr bakterií a hub (104:1), byl v tomto vermikompostu celkově nejnížší obsah jak bakterií ($12,3 \mu\text{g PLFA.g}^{-1}$ suché hmoty), tak hub ($0,12 \mu\text{g PLFA.g}^{-1}$ suché hmoty). Nejvyšší obsah hub ($73,9 \mu\text{g PLFA.g}^{-1}$ suché hmoty) i bakterií ($592,8 \mu\text{g PLFA.g}^{-1}$ suché hmoty) byl naměřen ve vermikompostu z jablečných výlisků. Vysoké obsahy bakterií byly také ve vermikompostech z vyplozeného substrátu po pěstování hlívy ústřičné a z kávové sedliny spolu se slaměnými peletami. Mezi výše zmíněnými variantami byly zaznamenány statisticky významné rozdíly.

U vermikompostů se také stanovují další parametry určující jak kvalitu, tak zralost vermikompostů, např. N-NH_4^+ , $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$, iontově-výměnná kapacita, enzymatická aktivita a kvalita huminových látek [20-26].

1. Obsah bakterií a hub v jednotlivých vermikompostech, vyprodukovaných z různých surovin, pocházejících z laboratorních a provozních experimentů (obsah PLFA v lyofilizované hmotě)



Hodnoty jsou průměry $\pm$ směrodatná odchylka, $n=3$. Rozdílná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými vermikomposty (Kruskal-Wallis ANOVA test, $p \leq 0,05$). BRKO – biologicky rozložitelný odpad

Příspěvek byl zpracován v rámci projektu NAZV č. QK1910095.

Literatura

- [1] S.W. Hong *et al.*, *Bioresour. Technol.* 2011, 102, 6344.
- [2] M. Gómez-Brandón *et al.*, *Cri. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2014, 44, 1289.
- [3] M. Aira *et al.*, *Sci. Total Environ.* 2007, 385, 252.
- [4] J. Domínguez *et al.*, in H. Insam *et al.* (eds.), *Microbes at Work: From Wastes to Resources* Springer, Berlin, Heidelberg 2010.
- [5] R. Pommeresche *et al.*, *Žížaly a jejich význam pro zlepšení kvality půdy*, Bioinstitut, Olomouc 2010.

- [6] J. Domínguez et C.A. Edwards in C.A. Edwards et al. (eds.), *Vermiculture Technology* CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton 2011.
- [7] V.K. Garg et R. Gupta in P.S.N. Nigam et A. Pandey (eds.), *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilization*, Springer Science & Business Media 2009.
- [8] A. Hanc et Z. Chadimova, *Bioresour. Technol.* 2014, 168, 240.
- [9] T. Částková et A. Hanč, *Waste Manage. Res.* 2019, 37, 826.
- [10] B. Gunadi et al., *Pedobiologia* 2002, 46, 15.
- [11] C.A. Edwards, in C.A. Edwards (ed.), *Earthworm Ecology*, CRC Press, Boca Raton 1998.
- [12] G. Munroe, *Manual of On-farm Vermicomposting and Vermiculture*, Organic Agriculture Centre of Canada, Nova Scotia 2009.
- [13] E.F. Neuhauser et al., in C.A. Edwards et E.F. Neuhauser (eds.), *Earthworms in Waste and Environmental Management*, SPB Academic Publishing, Hague 1988.
- [14] R.P. Singh et al., *Resour. Conserv. Recycl.* 2011, 55, 719.
- [15] P. Míchal et al., *Waste Forum* 2019, 2, 144.
- [16] R.K. Sinha et al., in J.I. Daven et R.N. Klein (eds.), *Progress in Waste Management Research*, Nova Science Publishers, New York 2008.
- [17] M.K. Singh et P. Singh, *Handbook on Vermicomposting: Requirements, Methods, Advantages and Applications*, Anchor Academic Publishing, Hamburg 2014.
- [18] A. Hanč et P. Plíva, *Vermikompostování bioodpadů*, ČZU v Praze, Praha 2013.
- [19] Česká agentura pro standardizaci, ČSN 46 5736, 2018.
- [20] A. Hanč et al., *Waste Biomass Valor.* 2019, <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00671-4>.
- [21] T. Částková et A. Hanč, *Waste Manage. Res.* 2019, 37, 826.
- [22] A. Hanč et al., *Waste Manage. Res.* 2017, 35, 1121.
- [23] A. Hanč et F. Vasak *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2015, 12, 1183.
- [24] A. Hanč et al., *Změny enzymatické aktivity a metody jejího stanovení během procesu vermikompostování v systému průběžného krmení*, ČZU v Praze, Praha 2018.
- [25] T. Hřebečková, et al., *J. Clean. Prod.* 2019, 239, 118.
- [26] A. Hanc et al., *Waste Manage.* 2019, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.08.032>.

Author:	Collective of authors
Name:	REASONABLE USE OF FERTILIZERS Conference Proceedings
Editor in Chief:	Prof. Ing. Václav Vaněk, CSc.
Editors:	Prof. Ing. Jiří Balík, CSc., dr. h. c. Prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc., dr. h. c.
Handling Editors:	Ing. Michal Jakl, Ph.D. Prof. Ing. Daniela Pavlíková, CSc.
Conference Name:	25 th International Conference REASONABLE USE OF FERTILIZERS
Location:	CULS Prague, November 15, 2019
Publisher:	Czech University of Life Sciences Prague Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources Department of Agro-Environmental Chemistry and Plant Nutrition
Print:	Powerprint s.r.o., Prague
Number of Pages:	108
Publication Year:	2019
Edition:	first
ISBN:	978-80-213-2983-6

Název: RACIONÁLNÍ POUŽITÍ HNOJIV
Sborník z konference
konané na ČZU v Praze dne 15. 11. 2019

Vydala: Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin

Autor: Kolektiv autorů

Lektor: Prof. Ing. Václav Vaněk, CSc.
Prof. Ing. Jiří Balík, CSc., dr. h. c.
Prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc., dr. h. c.

Do tisku
připravili: Ing. Michal Jakl, Ph.D.
Prof. Ing. Daniela Pavlíková, CSc.

Tisk: Powerprint s.r.o., Praha

Náklad: 200 výtisků

Počet stran: 108

Rok vydání: 2019

Vydání: první

Dopor. cena: neprodejné

ISBN: 978-80-213-2983-6