

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

Vliv substrátu na produkci žížal *Dendrobaena veneta*

Bakalářská práce

Eva Schmidtmajerová

Vedoucí práce: Mgr. Michal Berec, Ph.D.

České Budějovice 2012

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a uvedla v ní veškerou literaturu a ostatní zdroje, které jsem použila.

V Českých Budějovicích, dne 13. dubna 2012

.....

podpis

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím, se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG, provozovanou Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 13. dubna 2012

Poděkování

Mé poděkování patří především mému školiteli Mgr. Michalu Berecovi, Ph.D. za vedení mé práce, Prof. RNDr. Pavlu Kindlmannovi, DrSc., za pomoc při statistickém vyhodnocení, Prof. Ing. Ladislavu Kolářovi, DrSc., za cenné rady a pomoc při řešení problémů v průběhu získávání výsledků této bakalářské práci a společnosti AGRO-LA, spol. s r.o., za vyhodnocení odebraných vzorků, dále společnosti MAGIC FISH která mi umožnila praktické provedení mé experimentální práce.

Souhrn

Důležitost biologických procesů při zpracovávání organických zbytků je široce uznávána. Tato práce se zabývá jednou z neúčinnějších metod přeměny pevných organických zbytků na produkty, které jsou vhodné pro životní prostředí a zároveň cenné. Kompostování pomocí žížal obsahuje složité potravní sítě a současně modifikuje různé chemické formy několika základních živin na anorganické sloučeniny, které jsou vhodné pro výživu rostlin. V práci je stručně popsána biologie, výskyt a základní ekologické kategorie žížal a je zde ukázáno, jak mohou být důležitými rozkladači organických zbytků.

V této práci je podán přehled hlavních druhů vhodných pro vermikompostování se zaměřením na druh *Dendrobaena veneta*. Je zde srovnáno 5 substrátů z hlediska vhodnosti pro produkci tohoto druhu žížal a vhodnosti změněného substrátu žížalami pro využití jako hnojivo. V práci bylo zjištěno, že vhodnými substráty pro produkci žížal *Dendrobaena veneta* jsou odpad z čističky odpadních vod a substrát čistá celulóza.

Klíčová slova: žížaly, *Dendrobaena veneta*, vermikompostování

Abstract

The importance of biological processes for processing of organic wastes is widely acknowledged. My thesis focuses on one of the most efficient methods for conversion of organic wastes into precious products, which are at the same time environmentally friendly. Vermicomposting includes complex food webs and simultaneously modifies various chemical forms of basic nutrients into inorganic compounds, useful for plant nutrition. The thesis briefly describes biology, distribution and basic ecological categories of earthworms and shows their importance in decomposition organic wastes.

I describe here the main earthworm species and then concentrate on *Dendrobaena veneta*. I then compare 5 substrates from the point of view of their suitability for production of this earthworm species and of the suitability of the resulting substrate as fertilizer. I have found that the best substrate for production of *Dendrobaena veneta* was the output of a sewerage plant and pure cellulose.

Key words: earthworms, *Dendrobaena veneta*, vermicomposting

Obsah

1	ÚVOD	1
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED	2
	• 2.1 Biologie	2
	• 2.2 Rozmnožování	3
	• 2.3 Výskyt žížal	3
	• 2.4 Hlavní ekologické kategorie žížal	4
	• Co je vermikomposting.....	5
	• 2.5 Využití vermikompostu	5
	• 2.6 Druhy žížal vhodné pro vermikomposting.....	6
	• 2.7 Vliv environmentálních faktorů na přežívání a růst žížal	7
	2.7.1 Teplota	7
	2.7.2 Obsah vlhkosti	8
	2.7.3 pH.....	8
	2.7.4 Amoniak.....	8
	2.7.5 Provdzušnění.....	8
	• 2.8 Populační hustota žížal	9
3	METODIKA	10
	• 3.1 Druh zvolený pro vermikomposting	10
	• 3.2 Determinace <i>Dendrobaena veneta</i>	10
	• 3.3 Založení kolonií žížal <i>Dendrobaena veneta</i> na několika odlišných substrátech	11
	• 3.4 Pravidelný monitoring produkce žížal (početnost) v měsíčních intervalech	12
	• 3.5 Přikrmování a vlhčení.....	12
	• 3.6 Odebrání vzorků na zjištění kationtové výměny kapacit	12
	• 3.7 Přehled použitých statistických metod	13

4	VÝSLEDKY	14
	• 4.1 Vyhodnocení nejlepšího substrátu pro produkci žížal <i>Dendrobaena veneta</i>	14
	• 4.2 Vyhodnocení substrátu.....	17
5	DISKUZE	18
	• 5.1 Vhodnost substrátů pro vermikomposting.....	18
	• 5.2 Vliv teploty na produkci žížal	19
	• 5.3 Počáteční pokles populace ve vyhovujících substrátech pro produkci žížal	19
	• 5.4 Stabilita organických zbytků a dozrání vermikompostu.....	20
6	ZÁVĚR	22
7	SEZNAM LITERATURY	23

1 Úvod

Zbavování zbytků, domácích, zemědělských a průmyslových zdrojů způsobuje stále větší ekonomické a environmentální problémy. V posledních letech byly vyvinuty různé metody jak se zbavovat organických zbytků. Jednou z účinných metod zbavování organických zbytků je kompostování pomocí žížal tzv. vermikompostování.

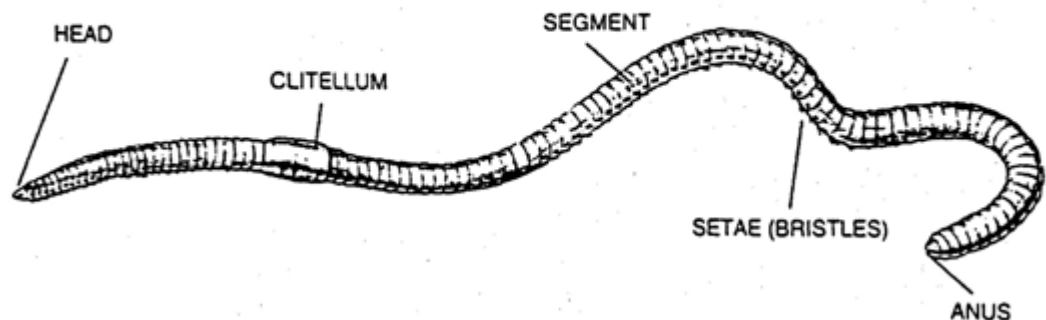
Tato práce má dva hlavní cíle. Prvním cílem této práce je zjištění vhodného substrátu, který umožní velkou produkci žížal *Dendrobaena veneta*, což znamená, že takový substrát je vhodný pro velkochov žížaly a její distribuci. Druhým cílem experimentu je vyhodnocení substrátu po době působení žížal, tzv. vermikompostu a zjištění, zda je substrát vhodný pro výživu rostlin, tudíž vhodnost využití substrátu jako hnojivo.

2 Literární přehled

2.1 Biologie

Žížaly mají velmi dobře vyvinutý nervový, oběhový, trávicí, vylučovací, svalový a reprodukční systém. Nejlépe pozorovatelným externím znakem žížal je segmentace těla (obrázek 1), která ale také velmi souvisí s vnitřní stavbou těla. Přední segmenty (tvořící hlavu) se skládají z úst a prostomia, části překrývající ústa. Prostomium vykonává důležitou funkci jakéhosi klínu při prorážení malých prasklin při pohybu v půdě. Malé štětiny (setae) jsou umístěny na každém segmentu. Ty mohou být vysunuty nebo zataženy a plní tak zásadní funkci při pohybu žížaly. Štětiny žížal jsou jediné struktury vystupující z těla žížaly. Pro usnadnění pohybu a hrabání v půdě mají žížaly různé kožní žlázy produkující lubrikační hlen/sliz, který mimo pohybu přispívá ke stabilizaci chodeb a cest (hromádka exkrementů, které žížala zanechává na povrchu). Trávicí trakt žížal je vysoce adaptován na hrabání/norování. Žížala polyká hlínu (obsahující rozkládající se organické zbytky) nebo zbytky rostlinného materiálu z povrchu půdy. Silná svalovina zamíchá spolknutý materiál a posouvá jej skrz trávicí trakt, kde se hmota promíchává s enzymy sekretovanými z trávicích žláz. Dýchací soustava není u žížal vyvinuta, plyny se vyměňují prostou difuzí průchodem povrchu těla. (Martin *et al.*, 2008)

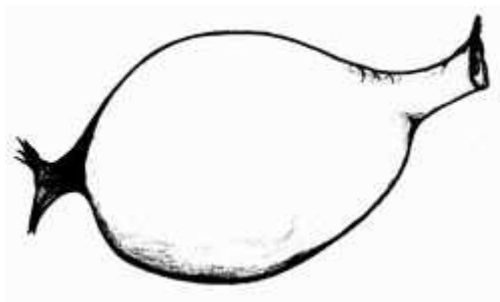
Obrázek 1: Základní anatomie žížaly: Head (hlava), clitellum (opasek), segment (část), setae (štětiny), anus (konečník).



2.2 Rozmnožování

Ačkoliv jsou žížaly hermafrodité, zpravidla se samy neoplodňují. Vzájemná výměna spermií probíhá při páření mezi dvěma jedinci. Zralé spermie a vajíčka spolu s výživnou tekutinou jsou ukládána do kokonů, které jsou produkovány clitelliem - opaskem (Martin *et al.*, 2008). Opasek je série žláznatých článků přibližně v první polovině těla (Zajonc, 1992). Vajíčka jsou oplodněna spermiemi uvnitř kokonu, který se poté od těla uvolní a je zanechán v hlíně nebo na povrchu. Kokony mají tvar citronu (Domínguez *et al.*, 2004), (obrázek 2) a jsou zbarveny žlutě, žlutozeleně, někdy je jejich barva hnědá nebo oranžová (Zajonc, 1992). Z vajíček se líhnou mladí jedinci po přibližně třech týdnech, v každém kokonu je od dvou do dvaceti mladých žížal (v průměru čtyři). (Martin *et al.*, 2008)

Obrázek 2: Kokon žížaly



2.3 Výskyt žížal

Žížaly jsou rozšířeny na všech kontinentech, většina čeledí je v subtropích a tropech. Ve střední Evropě se, s výjimkou vzácného druhu *Criodrilus lacrum* z čeledi *Criodrilidae*, vyskytují pouze zástupci čeledi *Lumbricidae* – žížalovití. V současnosti je v České republice doložen výskyt 52 druhů a poddruhů žížal (Pižl, 2006). *Dendrobaena veneta* je jihoevropský druh, rozšířen od Kaspického moře přes Kavkaz, Balkán a Itálii až do Španělska, zavlečený do střední Evropy, Velké Británie a do USA (Pižl, 2002). V ČR byla poprvé nalezena v kompostu botanické zahrady Na Slupí v Praze, kam se pravděpodobně dostala importem na kořenech cizokrajných rostlin. V současnosti je tento druh chován ve vermikulurách. Spontánní šíření druhu není pravděpodobné, vzhledem k nárokům na prostředí (Pižl, 2006).

2.4 Hlavní ekologické kategorie žížal

Různé druhy žížal mají velice rozlišné životní strategie a styly, okupují různé ekologické niky a byly formálně klasifikovány do 3 hlavních ekologických kategorií, které jsou rozděleny především na základě jejich strategií žraní a zahrabávání se do země (Bouché, 1997)

Epigeické druhy žížal. Velikost 3-12 cm, barva rudohnědá. Aktivita limitována především na prvních pár centimetrů mezi půdou a opadem, jsou to takzvaní „transformátoři“ opadu. Mají vysokou rychlost metabolismu a reprodukce a jsou adaptováni k vysoce variabilním environmentálním podmínkám na půdním povrchu (Lavelle *et* Barois, 1984). V klasickém pojetí odpovídají epigeické žížaly R – stratégům (Pižl, 2006). Patří sem druhy *Lumbricus rubellus*, *Eisenia andrei*, *Eisenia fetida*, *Dendrobaena rubida*, *Dendrobaena veneta*, *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* a *Eiseniella tetraedra* (Domínguez *et* Edwards, 2004)

Endogeické druhy žížal. Velikost 3-15 cm, barva šedavá nebo mléčnobílá (Zajonc, 1992). Žijí hlouběji v půdním profilu, obvykle vytvářejí horizontální systémy chodbiček (Satchel, 1980, Lavelle, 1983). Nemají tak velký význam k rozkládání opadu, protože se živí materiálem pod povrchem půdy a to kořeny a rostlinnými zbytky (Lakhani *et* Satchel, 1970). Endogeické druhy odpovídají K – stratégům (Pižl, 2006). Patří sem druhy: *Allobophora caliginosa*, *Allobopkora rosea* a *Octolasion cyaneum* (Domínguez *et* Edwards, 2004)

Anektické druhy žížal. Velikost až 30 cm, zbarvené rudě anebo hnědě. Žijí ve svislých chodbičkách až několik metrů hluboko v půdním profilu. V nich žijí a vtahují do nich svou potravu a to rostlinné zbytky, které sbírají na povrchu půdy (Zajonc, 1992). Zrychlují pedologické procesy v půdě. Patří sem druhy: *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea trapezoides* a *Allolobophora longa* (Domínguez *et* Edwards, 2004).

Co je vermikomposting

Růst žížal v organických zbytcích se nazývá vermikultura a zpracování organických zbytků pomocí žížal se nazývá vermikomposting (někdy též vermikompostace). Vermikomposting, zahrnující kompostování organických zbytků pomocí žížal, se ukázal jako užitečný při zpracovávání odpadových kalů a pevných látek odpadních vod (Neuhauser *et al.*, 1988, Domínguez *et al.*, 2000), odpadů z pivovarů, papíren, městských odpadků. Stejně tak jako zbytků v zahradnictví, při zpracování brambor, u mrtvých rostlin a průmyslu, který vyrábí houby (Edwards, 1988) a domácích biologických odpadů (Kostecká, 1999). Kompostování pomocí žížal je dekompoziční proces, který zahrnuje společnou akci žížal a mikroorganismů. I když některé organismy jsou zodpovědné za biochemický rozklad organické hmoty, žížaly jsou základními hnacími motory tohoto procesu, protože fragmentují a připravují substrát a mění jeho biologickou aktivitu. Žížaly pracují jako mechanické mixéry a rozmělnují organickou hmotu a tím změní její fyzikální a chemický stav, přičemž postupně redukuje poměr uhlíku k dusíku (C:N). Zvyšují povrch, který je přístupný mikroorganismům a dělají je snáze přístupnými pro aktivitu mikrobů a další dekompozici. Během postupu těchto látek v žaludku žížal, mění tyto fragmenty na exkrementy bohaté bakterie a tím homogenizují organický materiál (Domínguez *et Edwards*, 2004)

2.5 Využití vermikompostu

Konečný produkt – vermikompost, je drobně zrnitý a vypadá jako rašelina, je vysoce porézní a je schopen dobře zadržovat vodu. Tyto produkty žížal jsou bohaté na organickou hmotu a mají vysokou míru mineralizace, což znamená, že jsou vysoce přístupné zdroje živin pro rostliny, speciálně ve formě amoniaku a nitrátů (Domínguez *et Edwards*, 2004). Žížaly materiál obohatí svými trávicími enzymy, což vede k narušení struktury organického materiálu podobně jako při enzymatické hydrolýze a tento materiál je pak přístupný pro destruenty v půdě, čímž dochází k rychlému rozkladu a transformaci na skutečný humus Kolář 2012 (*in verb.*). Dále jsou ve vermikompostu přítomny růstové látky (cytokininy, auxiny, gibereliny), které dobře ovlivňují růst rostlin. Byly uskutečněny pokusy, které ukázaly, že vermikompost dobře působí na tvorbu kořenového systému a celkový vývoj rostliny

(Zajonc, 1992). Vermikompostace zahrnuje redukci mikroorganismů, které jsou patogenní pro člověka (Domínguez *et* Edwards, 2004).

2.6 Druhy žížal vhodné pro vermikomposting

Vzhledem k obecné ekologické klasifikaci, je zřejmé, že pro vermikulturu a vermikomposting jsou vhodné epigeické druhy. Při výběru pro vermikomposting je důležité, aby tyto druhy měly určité biologické a ekologické charakteristiky, konkrétně schopnosti přirozené kolonizace organických zbytků, velké rychlosti požívání organické hmoty, jejího trávení a asimilace organické hmoty. Měly by být schopné tolerovat široké rozpětí faktorů životního prostředí, měly by mít vysokou rychlost reprodukce, růstu a dospívání, dále by měly být silné a rezistentní k manipulaci. Jen málo druhů žížal má všechny tyto charakteristiky (Domínguez *et* Edwards, 2004)

Eisenia fetida (Savigny, 1826)

Eisenia andrei (Bouché, 1972)

Lumbricus rubellus (Hoffmeister, 1843)

Eudrilus eugeniae (Kinberg, 1867)

Perionyx excavatus (Perrier, 1872)

Pheretima elongata (Perrier, 1872)

Dendrobaena Rubida (Savigny, 1826)

Dendrobaena veneta (Rosa, 1886)

2.7 Vliv environmentálních faktorů na přežívání a růst žížal

Produkce kokonů, rychlost vývoje a růst žížal jsou kriticky ovlivňovány podmínkami životního prostředí. Ty druhy žížal, které jsou vhodné pro vermikomposting, jsou relativně tolerantní k měnícím se podmínkám životního prostředí v organických zbytcích. Žížaly mají dobře definované limity tolerance k určitým parametrům, jako je vlhkost a teplota; odpady se proto dají zpracovávat mnohem efektivněji v relativně úzkém rozpětí vhodných chemických a fyzikálních podmínek. Jestliže se těchto podmínek nebudeme držet, odpady se budou zpracovávat pomalu, protože žížaly budou opouštět nevhodný substrát nebo může dojít k úhynu žížal (Domínguez *et* Edwards, 2004).

2.7.1 Teplota

Žížaly mají poměrně složitou reakci na změnu teploty. Neuhauser *et al.* (1988) studoval potenciál několika druhů žížal k růstu v odpadních kalech a uzavírá, že všechny tyto druhy mají optimální teplotu pro růst mezi 18-25 °C. Edwards (1988) studoval životní cykly a optimální životní podmínky pro přežívání *E. fetida*, *D. veneta*, *E. eugeniae* a *P. excavatus*.

Každý z těchto čtyř druhů se podstatně lišil ve svých požadavcích na podmínky. *Dendrobaena veneta* měla relativně nízké teplotní optimum a mnohem menší toleranci k extrémním teplotám. Podle Viljoena *et al.* (1992) je optimální teplota pro růst a reprodukci *D. veneta* 15°C. Optimální teploty pro tvorbu kokonů byli u všech druhů mnohem nižší než pro růst. Půdní teploty pod 10°C obvykle způsobily snížený požer. Při teplotě nižší než 4°C ustala tvorba kokonů a vývoj malých žížal (Edwards *et* Bohlen, 1996). V extrémních podmínkách mají žížaly tendenci hibernovat a migrovat do hlubších vrstev půdy. Zdá se, že se žížaly mohou aklimatizovat k teplotě na podzim a přežít zimu, pokud nejsou vystaveny mrazu. Teploty nad 30°C nejsou pro žížaly přirozené a působí nepříznivě. Tyto vysoké teploty podporují také chemické a mikrobiální aktivity substrátu. Díky zvýšené mikrobiální aktivitě může být zkonzumován kyslík, který je k dispozici, a to negativně ovlivní žížaly (Domínguez *et* Edwards, 2004).

2.7.2 Obsah vlhkosti

Až 90% hmotnosti těla *lumbricidae* tvoří voda, přičemž žížaly snášejí až 60% poklesu vody v těle (Losos *et al.*, 1984). Muyima *et al.* (1994) provedl studie vlivu vlhkosti na *Dendrobaenu venetu* a zjistil, že největší počet žížal se vyskytoval v substrátu o vlhkosti mezi 75 a 79%. Podle Edwardse (1988) může *Dendrobaena veneta* žít v mnohem širším rozsahu vlhkosti než mnoho ostatních druhů. Nízká vlhkost pod 60% se projevuje zpomaleným růstem, dospíváním a poruchami v rozmnožování (Zajonc, 1992)

2.7.3 pH

Epigeické žížaly jsou celkem tolerantní k pH. Pokud mají na výběr, preferují pH kolem 5 (Domínguez *et Edwards*, 2004). Podle Zajonc, (1992) je optimální kyselost substrátu pH 6,5 až 7,5. Pokud je pH pod 5 nebo nad 9, žížaly hynou po několika dnech (Zajonc, 1992, Edwards *et Bohlen*, 1996).

2.7.4 Amoniak

Žížaly jsou velice citlivé ke čpavku a nemohou přežít v organických zbytcích, které mají vysoké množství tohoto kationtu, např. čerstvý hnůj od drůbeže. Organické zbytky s velkým množstvím čpavku mohou být přijatelné, pokud se čpavek odebere během určité doby kompostování nebo se může z odpadu vymýt (Domínguez *et Edwards*, 2004). Obsah čpavku nad 0,1% žížaly usmrcuje (Zajonc, 1992)

2.7.5 Provzdušnění

Protože žížaly nemají žádné specializované dýchací orgány (dýchají povrchem těla), jsou citlivé k anaerobním podmínkám a jejich rychlosti respirace silně klesají při nízké koncentraci kyslíku kolem 55 až 65% (Edwards *et Bohlen*, 1996). Při poklesu optimálních podmínek kyslíku, je redukována aktivita žraní

(Domínguez *et* Edwards, 2004). Proto musí být substrát dostatečně porézní s množstvím vzdušných prostor (Zajonc, 1992)

2.8 Populační hustota žížal

Populační hustota žížal ovlivňuje rychlost růstu a reprodukci žížal. I když fyzikálně chemické charakteristiky odpadů jsou pro vermikomposting ideální, může nastat problém při vysoké hustotě žížal. Na 100 jednotek substrátu v sušině by se proto mělo dát maximálně 10 jednotek žížal, (Hartenstein 1983, Edwards 1988).

Obrázek 3: *Dendrobaena veneta* (fotografie poskytnutá firmou MAGIC FISH)



3 Metodika

3.1 Druh zvolený pro vermikomposting

Dendrobaena veneta je druh žížaly s potenciálem užití ve vermikultuře, která ale také může přežít v okolní půdě (Satchell, 1983). Ve střední Evropě je tento druh výhradně synantropní (Pižl, 2002). Z druhů, které byly studovány pro vermikulturu, je pravděpodobně nejméně vhodný pro rozklad organických zbytků a vermikomposting, i když roste rychle a může mít potenciál pro tvorbu bílkovin. *D. veneta* je považovaná za potenciálního bojovníka s organickým odpadem (Lofs-Holmin, 1986).

Dendrobaena veneta toleruje větší rozpětí vlhkosti než jiné druhy a preferuje mírné teploty 15-25°C. Životní cyklus může být dokončen za 100-150 dní. Zhruba 65 dní je doba od narození do dosažení sexuální dospělosti. Průměrně produkuje 0,28 kokonů za den, ale míra přežívání kokonů je zřejmě velice malá: asi 20%. Průměrná inkubační doba kokonů je 42 dní. Průměrné množství žížal, které se vylíhnou z každého životaschopného kokonu, je asi 1,1. (Lofs-Holmin, 1986, Viljoen *et al.*, 1991 a 1992, Muyima *et al.*, 1994).

3.2 Determinace *Dendrobaena veneta*

Průměrná délka těla je 21-155 mm, tloušťka 2-8 mm a počet segmentů 65-255 (Pižl, 2002). Pigmentace tohoto druhu žížaly je tmavočervená s tmavšími pruhy (Zajonc, 1981), na spodní straně těla je světle žlutá (Pižl, 2002). *Dendrobaena veneta* má 3 páry spermálních vaků v 9., 11. a 12. článku a 2 páry spermatoték v 9. a 10. článku. Opasek je na 27. - 33. článku (Zajonc, 1981).

Pro správnou determinaci je důležité určit nejen morfologické a anatomické znaky, ale také biologické, fyziologické, ekologické a genetické informace (Briones *et al.*, 2009).

3.3 Založení kolonií žížal *Dendrobaena veneta* na několika odlišných substrátech

Experiment probíhal v provozovně Firmy MAGIC FISH, která se nachází v obci Jaroměř u Malont (okres Český Krumlov), kde je realizován chov, výroba a distribuce produktů. Bylo připraveno 5 odlišných substrátů po 15 kg.

Substráty:

- čistá celulóza
- odpad z čističky odpadních vod (ČOV)
- rašelina
- kravský hnůj
- siláž

Substráty čistá celulóza (papírny Loučovice), odpad z čističky odpadních vod (České Budějovice) a rašelina byly poskytnuty v provozovně firmy MAGIC FISH. Kravský hnůj a siláž byly získány ze zemědělského podniku AGRIPROD s.r.o. v Municích, kravský hnůj byl odebrán přímo ze stání zpod krávy tak, aby obsahoval pevnou i řidší složku. V provozovně firmy MAGIC FISH byly také pro účely experimentu poskytnuty bedny o velikosti 100 x 45 cm, do každé bedny bylo dáno 15 kg substrátu a přidáno 100 ks žížal, které byly nasbírány na chovných valech pozemku provozovny. Žížaly byly vybírány průměrně 8 cm dlouhé (dospělé). Bedny se substrátem a žížalami byly umístěny do vnitřních prostor provozovny do police 1m nad zemí. V prostorách se teplota pohybovala od 0 do 15°C podle ročního období.

3.4 Pravidelný monitoring produkce žížal (početnost) v měsíčních intervalech

Založení kolonií bylo provedeno 27. 03. 2011 a každý 33. den byly žížaly přepočítány. Nejlépe se osvědčila metoda, kdy byl brán substrát po hrstech, žížaly se vybraly a daly do připraveného kbelíku a probraný substrát bez žížal se hodil do kolečka, které bylo přistaveno k polici. Když byla bedna zcela prázdná, substrát se vhodil nazpět, spočítali se jedinci každého vývojového stádia: mladí jedinci, dospělci a ve výjimečných případech přestárlí jedinci (ti jsou vizuálně rozlišitelní z důvodu nabobtnání svaloviny a tím vzniku jakési průhlednosti); ve vzorcích byly i kokony, ty nebyly počítány vzhledem k možnosti přehlédnutí.

3.5 Přikrmování a vlhčení

V měsících červen a srpen byly žížaly přikrmeny, a to tak, že do každé bedny bylo přidáno 7,5 kg substrátu.

V zimních měsících vlhčení nebylo uskutečňováno, protože vlhkost v uzavřeném prostoru vzhledem k minimálnímu větrání byla dostačující. Při teplotách blížících se k 15°C byl substrát vlhčen 1krát za 14 dnů v rozsahu 0.25 až 0.5 litru na 1 vzorek. Vlhčení bylo prováděno klasickým rozprašovačem, tryska byla dána na nejsilnější proud.

3.6 Odebrání vzorků na zjištění kationtové výměny kapacit

Vzorky byly odebrány ze substrátů, kde se žížalám dařilo, množily se a substrát změnily, a to z čisté celulózy a ČOV. Substrát se před odběrem promíchal a poté odebral do plastové misky a odvezl do laboratoře společnosti Agro-la spol. s r.o., která provedla rozbor půdy a zjištění KVK (kationové výměny kapacit).

3.7 Přehled použitých statistických metod

K proložení empirických dat byla použita splinová funkce v EXCELU, která data vyhladila. Poté byla data proložena ještě exponenciálou, jež je přímo dostupná v EXCELU, neboť byl předpokládán exponenciální růst populace žížal. Vzhledem k tomu, že pokusy s jednotlivými substráty nebyly opakovány, nebylo možné další statistické vyhodnocení (průkaznost rozdílů mezi jednotlivými odhadnutými koeficienty růstu populace apod.).

4 Výsledky

4.1 Vyhodnocení nejlepšího substrátu pro produkci žížal *Dendrobaena veneta*

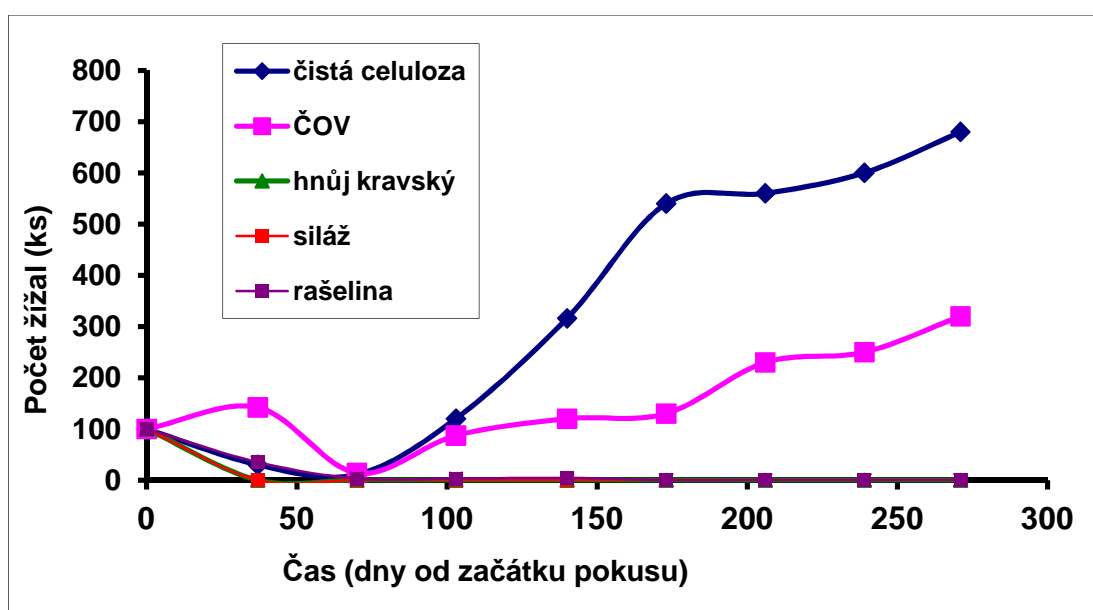
Tabulka 1 ukazuje růst populace v substrátech čistá celulóza a ČOV, okamžité vymření žížal v substrátech kravský hnůj a siláž a postupné vymření populace v substrátu rašelina.

Tabulka 1: Počet žížal (ks) v závislosti na čase (dny od začátku pokusu)

Dny	0	37	70	103	140	173	206	239	271
Čistá celulóza	100	30	11	120	316	540	560	600	680
ČOV	100	142	14	87	120	130	230	250	320
Hnůj kravský	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Siláž	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Rašelina	100	35	3	3	4	0	0	0	0

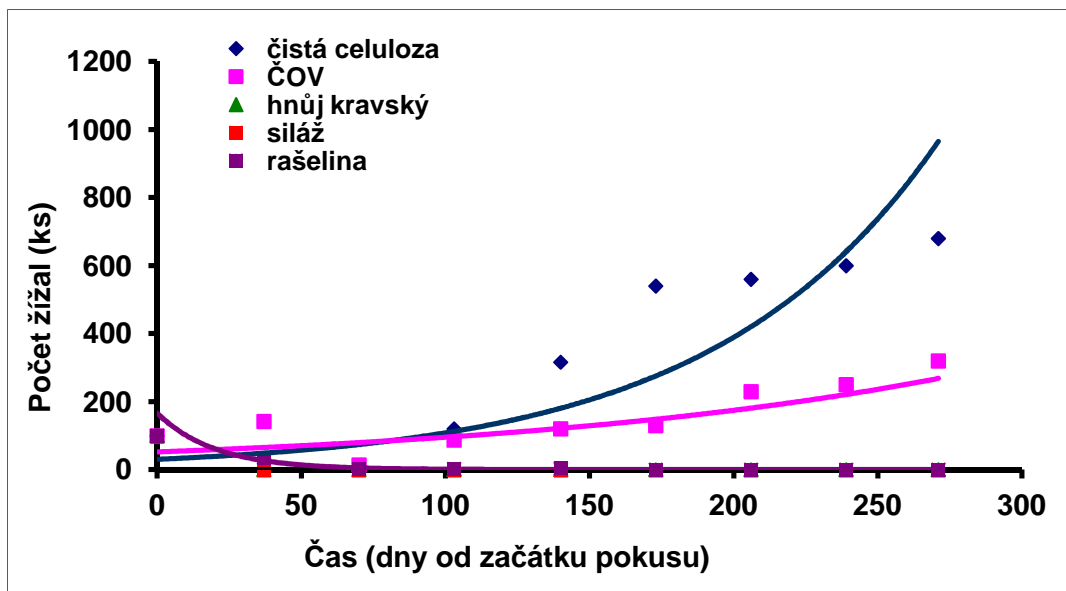
Graf 1 ukazuje, že u substrátu čistá celulóza došlo nejdříve k výraznému poklesu populace a teprve poté k nárůstu, u substrátu ČOV došlo nejdříve k nárůstu populace, poté k výraznému poklesu a pak populace znovu rostla. V kravském hnoji a siláži všechny žížaly uhynuly již před prvním odečtem populačních hustot – 37. den po založení kolonie. U rašeliny byl značný pokles populace již od 70. dne pokusu.

Graf 1: Růst populace žížal *Dendrobaena veneta* v různých substrátech v závislosti na čase (dny od začátku pokusu)



Graf 2 znázorňuje exponenciální růst populace žížal v substrátech čistá celulóza a ČOV.

Graf 2: Růst populace žížal *Dendrobaena veneta* v různých substrátech pro 3 substráty, kde žížaly přežily alespoň do druhého měření, v závislosti na čase; data proložena exponenciálou.



V tabulce 2 jsou uvedeny odhadnuté parametry exponenciely z grafu 2; y je počet žížal, x je čas ve dnech, R^2 je koeficient determinace; číslo $100xR^2$ udává, kolik procent variability v datech je exponenciálou vysvětleno.

Tabulka 2

Substrát	
Čistá celulóza	$y = 30.036e^{0.0128x}$
	$R^2 = 0.6429$
ČOV	$y = 51.884e^{0.0061x}$
	$R^2 = 0.3766$

4.2 Vyhodnocení substrátu

Vyhodnocení chemického složení dvou substrátů, ve kterých nedošlo k vyhnutí žížal, je uvedeno v tabulce 3. KVK u substrátů ČOV i čistá celulóza je poměrně vysoká, vzorky obsahují vysoké procento vápníku a hořčíku, obsah fosforu je v obou vzorcích poměrně nízký a pH téměř neutrální.

Tabulka 3: výsledky KVK substrátů čistá celulóza a odpadu z čističky odpadních vod

Ukazatel	Čistá celulóza	Odpad z čističky odpadních vod	Jednotka	Nejistota měření ²	Použitá metoda ¹
Sušina	47.3	66.2	%	±15%	SOP 39-2 (ČSN ISO 11465)
pH (CaCl ₂)	6.97	6.96	-	±0.10 8)	SOP 44 (JPP AP I kap. 2.3, ČSN ISO 10523, ČSN ISO 10390)
Fosfor (P) 2)	77	81	mg/kg	±20%	SOP 43-2 (JPP AP I kap. 3)
Hořčík (Mg) 2)	356	383	mg/kg	±15%	SOP 42 (JPP AP I kap. 3)
Draslík (K) 2)	386	371	mg/kg	±20%	SOP 42 (JPP AP I kap. 3)
Vápník (Ca) 2)	27681	22936	mg/kg	±20%	SOP 42 (JPP AP I kap. 3)
H+ 2)	29.2	23.3	mmol/kg	-	(N) SOP 79
KVK 2)	1450	1209	mmolche/kg	-	(N) SOP 78

¹ Pozn.: Metody nepodléhající akreditaci ČIA jsou označeny (N) před kódem SOP, (SA) akreditovaná subdodávka, (SN) neakreditovaná subdodávka, 1) údaj v původní hmotě, 2) údaj ve 100% sušině 1) údaj v původní hmotě, 2) údaj ve 100% sušině 8) údaj v jednotkách pH.

² Uvedená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření k=2, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%. Nezahrnuje nejistotu vzorkování. Jednotlivé postupy metod jsou uloženy v laboratoři k nahlédnutí.

5 Diskuze

5.1 Vhodnost substrátů pro vermikomposting

Největší počet žížal se vyskytoval v substrátu z čisté celulózy a odpadu z čistíček odpadních vod. Podle Zajonce (1992) jsou tyto substráty vhodné pro vermikomposting. Fayolle *et al.*, (1997) prováděli studie vlivu zdroje potravy na životní cyklus *Dendrobaena veneta*. Porovnávali 2 substráty: směs koňského hnoje a hnědé rašeliny (poměr 1:1) a papírový kal. Výsledky prokázaly, že růst žížal byl vyšší v papírovém kalu. Rozdíly ve váze žížal mezi oběma substráty byly markantní zejména v počáteční fázi pokusu, kdy biomasa žížal byla při teplotách 15, 20 a 25°C až třikrát vyšší v papírovém kalu než v koňském hnoji. Také konečná biomasa žížal byla vyšší v papírovém kalu. Výsledky autorů této práce naznačují, že nepozměněný papírový kal z francouzské továrny poskytoval výborné podmínky pro chování žížal *Dendrobaena veneta*.

Kravský hnůj se používá často k založení vermikompostu (Zajonc, 1992). Čerstvý kravský hnůj se ukázal v tomto experimentu jako nevhodný substrát pro produkci žížal, což odpovídá tvrzení Zajonce (1992), že čerstvý hnůj prochází při zrání fází, kdy se v materiálu vyvíjejí vysoké teploty a proto není přímo využitelný k založení vermikompostu. Je zřejmě nutné hnůj nechat dozrát v hromadách vysokých až 2 m, které každých 10 až 14 dní promícháme a zavlážíme. Hnůj zraje 4 až 6 měsíců (Zajonc, 1992). Viljoen *et al.*, (1992) studovali vliv teploty na životní cyklus *Dendrobaena veneta* na kravském hnoji (bez obsahu slámy a moči), který byl vysušen, rozmělněn a byl prosetý na částičky o velikosti 500 – 1000 μm . Tento substrát byl zvlhčen destilovanou vodou na 75-80% obsahu vlhkosti. V takto upraveném kravském hnoji se žížalám dařilo.

Siláž se též prokázala jako nevhodný substrát. Hlavní příčina nevhodnosti tohoto substrátu je pH 4, což potvrzuje Zajonc, (1992) a Edwards *et Bohlen*, (1996), kteří říkají, že pokud je pH pod 5, žížaly hynou po několika dnech. Tato příčina nevhodnosti substrátu je zřejmě i u rašeliny, která se ukázala také jako nevhodný substrát pro produkci žížal. V mnoha studiích byla rašelina používána společně s jinými substráty. Fayolle *et al.*, (1996) použili ve svých pokusech směs rašeliny a koňského hnoje, takový substrát se ukázal jako vhodný pro produkci žížal.

5.2 Vliv teploty na produkci žížal

V průběhu experimentu byla teplota 0-15°C dle ročního období. Fayolle *et al.* (1996) ve svých výzkumech ukazují, že při 10°C byl pozorován pomalejší nárůst biomasy s porovnáním ostatních teplot. Míra růstu byla vyšší při teplotách 15, 20 a 25°C. Viljoen *et al.*, (1992) ve své studii došli k výsledkům, že dokončit životní cyklus trvalo druhu *Dendrobaena veneta* v průměru 107 dní při 25°C a 151 dní při 15°C. Průměrná doba inkubace při 25°C byla 42 dní a při 15°C 71 dní. Úspěšnost líhnutí byla naopak vyšší (37,8%) při nižší teplotě s průměrným počtem vylíhlých žížal na kokon 1,2 než při 25°C, kdy byla úspěšnost líhnutí 19,6% a průměrný počet vylíhlých žížal na kokon 1,1. Někdy se při 15°C vylíhly i 3 žížaly na kokon, zatímco při 25°C pouze 1 nebo 2. Z těchto zjištěných poznatků se lze domnívat, že optimální teplota v uskutečněném experimentu byla 15°C a nižší teploty měly záporný vliv na produkci žížal.

5.3 Počáteční pokles populace ve vyhovujících substrátech pro produkci žížal

V Grafu 1 je jasně ukázáno, že v počátku experimentu došlo v obou substrátech, kde žížaly přežily až do konce pokusu, k výraznému poklesu populace. Jeden z možných důvodů snížení populace na začátku experimentu je, že při experimentech v uzavřené nádobě nejsou žížaly schopny najít vhodná stanoviště a mohou trpět počátečním stresem (Domínguez *et Edwards*, 2004).

Druhý možný důvod poklesu populace se dá vysvětlit následujícím způsobem. Na grafu 2 je vidět, že exponenciála neprokládá empirická data úplně. Pokud by se populace modelovaly pomocí Leslieho modelu (Leslie, 1945) s věkovou strukturou, kolísání v populačních hustotách by se zřejmě vysvětlilo tím, že na začátku pokusu neměla populace tzv. stabilní věkové složení (tj. věková struktura, kdy se poměrné zastoupení věkových kategorií nemění). Po jeho dosažení je možné populaci podle Leslieho modelu přiblížit exponenciálou. Jestliže touto exponenciálou fitujeme všechna data, pak se koeficient růstu (= parametr v exponentu) nezmění; Kindlmann 2012 (*in verb.*).

5.4 Stabilita organických zbytků a dozrání vermikompostu

Úroveň KVK vzorku čistá celulóza dosahuje poměrně vysoké hodnoty 1450 mmolche/kg (tabulka 3), což odpovídá 6 násobku KVK dobré hlinitojílové půdy. Z toho je zřejmé, že v tomto vzorku nastal humifikační proces – proces, při němž se postupnými transformacemi humusotvorného materiálu vytváří specifické tmavě zbarvené látky, obsahující dusík, převážně koloidního charakteru, s vyjádřeným aromatickým jádrem, s vysokou molekulovou hmotností a s převahou kyselých funkčních skupin, které nazýváme humus (Valla, 1984). Protože k tomuto jevu došlo i bez přídavku vnějšího dusíku, je zřejmé, že k vyrovnání poměru C:N pro další mikrobiální transformaci žížalami dezintegrovaného materiálu byly využity mimořádně úsporně veškeré možné zdroje dusíku. Vzorek také obsahuje poměrně vysoké procento vápníku, který se do materiálu zřejmě dostal jako plnidlo papíru při jeho výrobě. S tím je také spojena vysoká koncentrace hořčíku, protože praxe jen výjimečně používá v průmyslové technologii zdroje čistě vápenaté, ale spíše dolomitické, u nichž je hořčík součástí. Materiál by se dal tedy dobře použít stejným způsobem, jakým se v zemědělství dříve používala nedostatková rašelina. Ta po vyvápnění sloužila jako půdní pufr k omezení možnosti okyselování půd jako zdroj stabilizované organické hmoty a jako zlepšovač KVK. K stejným účelům je možné použít i tento produkt, který se výborně hodí například i k výrobě zahradních substrátů organických hnojiv; Kolář 2012 (*in verb*).

Výsledky chovu žížal na kalech z čistíren odpadních vod vykazují podobné výsledky. Hodnoty pH se pohybují v blízkosti neutrální reakce a z toho je zřejmé, že materiál je výborným půdním puftrem. Pufrační kapacita je dána jeho iontovou výměnou kapacitou, ale je zřejmé, že k ustavení rovnováhy jistě přispěly svými životními projevy i samotné žížaly. Překvapuje poměrně nízká koncentrace fosforu materiálu odpadu z ČOV, který je prakticky stejný jako obsah materiálu, který vznikl rozkladem čisté celulózy. Obsah vápníku a hořčíku je v odpadu z ČOV zhruba ve stejném množství jako v čisté celulóze a to je také dost zvláštní, protože bychom očekávali zvláště u fosforu z výkalů a pracích prostředků obsah vyšší. I odpad z ČOV by byl výbornou náhradou vápněné rašeliny jako prostředek, který je zdrojem stabilizované organické hmoty. Vápník, hořčík a KVK jsou výhodné pro lepší sorpci rostlinných živin v půdě a omezení jejich vyplavování do spodního půdního horizontu a spodních vod; Kolář 2012 (*in verb*).

Stabilita a dozrání organických zbytků je možné zjistit tak, že vermikompost použijeme jako růstové médium pro rostliny a nechají se zde klíčit (Chen, Inbar, 1993).

6 Závěr

Cílem práce bylo zjistit vhodný substrát pro produkci žížal *Dendrobaena veneta* a následné vyhodnocení přeměněného substrátu tímto druhem žížaly a posouzení, zda je změněný substrát možné využít jako hnojivo. Došla jsem k těmto závěrům:

1. Z pěti zvolených substrátů se ukázaly jako vhodné pouze dva:
 - ČOV
 - čistá celulóza
2. Nejvhodnějším substrátem pro produkci žížal v tomto experimentu se ukázala čistá celulóza.
3. Během osmi měsíců trvání experimentu žížaly substráty ČOV a čistá celulóza podstatně přeměnily a výsledky ukazují, že takto přeměněné substráty jsou vhodné k použití jako hnojivo.

7 Seznam literatury

- Bouché, M. B., 1977: Strategies lombriciennes. In: Lohm U., Persson T. (Eds.) Soil Organisms as Components of Ecosystems. Biological Bulletin 25: 122-132.
- Briones, M. J. I., Morán, P., Posada, D., 2009: Are the sexual, static and genetic characters enough to solve nomenclatural problems in lumbricid taxonomy? Soil Biology and Biochemistry 41: 2257-2271.
- Domínguez, J., Edwards, C. A., Webster, M., 2000: Vermicomposting of sewage sludge: effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. Pedobiologia 44: 24-32.
- Domínguez, J., Edwards, C. A., 2004: Vermicomposting organic waste: A review. In: Sshakir Hanna, S. H., Mikhail, W. Z. A. (Eds.) Soil Zoology for Sustainable Development in the 21 st Century, PCD, Cairo, 370-373 pp.
- Edwards, C. A., 1988: Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. In: Edwards, C. A., Neuhauser, E. F. (Eds.) Earthworms in Waste and Environmental Management SPB, The Hague, 21-31 pp.
- Edwards, C. A., Bohlen, P. J., 1996: Biology and Ecology of Earthworms. Chapman and Hall, London, 426 pp.
- Fayolle, L., Michaud, H., Cluzeau, D., Stawiecki, J., 1997. Influence of temperature and food source on the life cycle of the earthworm *Dendrobaena veneta* (Oligochaeta). Soil Biology and Biochemistry. 29: 747-750.
- Hartenstein, R., 1983: Assimilation by *Eisenia felida*. In: Satchell, J. E., (Eds.) Earthworm Ecology. Chapman and Hall, Cambridge, 297-308 pp.
- Chen, Y., Inbar, Y., 1993: Chemical and spectroscopical analyses of organic matter transformations during composting in relation to compost maturity. In: Hoitink, H. A. J., Keener, H. M. (Eds.) Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects. Renaissance Publication. Worthington, Ohio, 622-644 pp.
- Kostecka, J., 1999: Utilization of household organic wastes by *Dendrobaena veneta* Rosa (Lumbricidae) and *Enchytraeus albidus* Henle (Enchytraeidae). In: Tajovský, K., Pižl, V. (Eds.), Soil Zoology in Central Europe. Proceedings of the 5th Central European Workshop on Soil Zoology held in Ceske Budejovice, Czech Republic, April 27-30, 1999. Institute of Soil Biology, Academy of Sciences of the Czech Republic, České Budějovice, 149-155 pp.
- Lakhani, K. H., Satchell, J. E., 1970: Production by *Lumbricus terrestris* (L.). J. Anim. Ecol. 39: 473-492.
- Lavelle, P., 1983: The structure of earthworm communities. In: Satchell, J. E., (Eds.) Earthworm Ecology, from Darwin to Venniculture. Chapman and Hall, London, 449-466 pp.

- Lavelle, P., Barois, I., 1984: Potential use of earthworms in tropical soils. Proc. Intl. Conf. Earthworms Waste Environ. Manage.
- Leslie, P. H., 1945: The use of matrices in certain population mathematics. Biometrika 33: 183–212.
- Lofs-Holmin, A., 1986: Processing of municipal sludges through earthworms (*Dendrobaena veneta*). Swed. J. Agric. Res. 16: 67-71.
- Losos, B. *et al.*, 1984: Ekologie živočichů. SPN Praha, 320 pp.
- Martin, J. P., Black, J. H., Hawthorne R. M., 2008: Earthworm Biology, <http://edis.ifas.ufl.edu>, accessed 14. 3. 2012.
- Muyima, N. Y. O., Reinecke, A. J., Viljoen-Reinecke, S. A., 1994: Moisture requirements of *Dendrobaena veneta* (Oligochaeta), a candidate for vermicomposting. Soil Biology and Biochemistry 26: 973-976.
- Neuhauser, E. F., Loehr, R. C., Malecki, M. R., 1988: The potential of earthworms for managing sewage sludge. In: Edwards, C. A., Neuhauser, E. F. (Eds.) Earthworms in Waste and Environmental Management SPB, The Hague, 9-20 pp.
- Pižl, V., 2006: *Annelida-kroužkovci*. In: Mlíkovský J. a Stýblo P. (Eds.), Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky, 212 pp.
- Pižl, V., 2002: Žížaly České republiky (Earthworms of the Czech Republic). In: Bezděčka, P (Eds.) Sborník přírodovědného klubu v Uh. Hradišti, supplementum 9, 154 pp.
- Satchell, J. E., 1980: R worms and k wonns: a basic for classifying lumbricid earthworm strategies. In: Dindal D. L. (Eds.) Soil Biology as related to Land use practices. PA Publishing, USA. 848-863 pp.
- Satchell, J. E., 1983 Earthworm Ecology, from Darwin to Vermiculture. Chapman and Hall, London, 495 pp.
- Valla, M. 1984: Cvičení z půdoznalství 2. Praha, SPN, 280 pp.
- Viljoen, S. A, Reinecke, A. J., Hartman, L., 1992: The influence of temperature on the life-cycle of *Dendrobaena veneta* (Oligochaeta). Soil Biology and Biochemistry. 24: 1341-1344.
- Viljoen, S., Reinecke, A. J., Hartman, L., 1991: Life-cycle of the European compost worm *Dendrobaena veneta* (Oligochaeta). S. Afr. J. Zool. 26: 43-48.
- Zajonc, I., 1992: Chov žížal a výroba vermikompostu, Povoda: Animapress, 20, 24, 49 pp.
- Zajonc, I., 1981: *Dážd'ovky (Oligochaeta; Lumbricidae) Slovenska*, Bratislava: Veda, 91 pp.