

# 不同品种蚯蚓对城市污泥的处理效果

李秀启<sup>1</sup>, 贾宝华<sup>1</sup>, 牛小沛<sup>1</sup>, 黄莎莎<sup>1</sup>, 李本银<sup>2</sup>

(1. 河南省济源市农业科学院, 河南济源 454652; 2. 河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 河南郑州 450002)

**摘要** [目的]探索城市污泥的利用途径。[方法]利用赤子爱胜蚓、大平2号、威廉环毛蚓3个蚯蚓品种处理城市生活污水,以未接种蚯蚓为对照(CK),研究接种不同品种蚯蚓的污泥理化性质、氮、磷、钾含量、重金属含量以及蚯蚓生物量的变化。[结果]3种蚯蚓对污泥的矿化、降解能力基本一致。接种赤子爱胜蚓、大平2号及威廉环毛蚯蚓城市污泥的pH,均低于CK,城市污泥的氮、磷、钾含量均较CK增加,污泥中重金属含量降低。试验结束后,3种蚯蚓的生物量无差异显著。[结论]利用蚯蚓处理城市污泥是一条无害化有效途径。

**关键词** 蚯蚓;城市污泥;理化性质;重金属生物量

**中图分类号** X799.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)36-0112-02

## The Processing Effects of Different Earthworm Varieties on Urban Sludge

LI Xiu-qi, JIA Bao-hua, NIU Xiao-pei et al (Jiyuan Academy of Agricultural Sciences, Jiyuan, Henan 454652)

**Abstract** [Objective] To explore the use of urban sludge. [Method] With not inoculated earthworm as control (CK), *E. foetida*, Ohira II earthworm, *Pheretima guillemi* were used to process urban sewage sludge, the changes of sludge physicochemical properties, N, P, K content, heavy metal content and earthworm biomass were studied. [Result] The ability of mineralization and degradation of 3 kinds of earthworms was basically the same. The pH value of urban sludge inoculated with *E. foetida*, Ohira II earthworm, *Pheretima guillemi* were lower than that of CK. The contents of N, P and K in municipal sludge were increased compared with CK, and the content of heavy metals in sludge was decreased. At the end of experiment, the biomass of 3 kinds of earthworms showed no significant difference. [Conclusion] It is an effective and harmless way to deal with urban sludge by using earthworm.

**Key words** Earthworm; Urban sludge; Physicochemical properties; Heavy metal biomass

随着城镇化程度的不断提高,城市污水的处理量迅速增加,由此带来的城市污泥处理难题日渐凸显。其中的有害成分,如有机污染物、重金属、寄生虫、病原菌及臭气对城市环境卫生造成了严重影响。如何妥善和科学处理污泥,并充分利用污泥资源,使其达到减量化、稳定化、无害化和资源化具有重要的现实意义<sup>[1]</sup>。

蚯蚓能将有机废弃物转化为肥沃的有机肥料<sup>[2-3]</sup>,利用蚯蚓处理城市污水厂的剩余污泥,既能解决城市污水处理厂剩余污泥的出路,又可以净化环境。国内外学者对蚯蚓处理有机物含量较高的污泥进行了大量研究<sup>[4-7]</sup>。然而,不同品种的蚯蚓生理特征不同,因此有必要探讨其对污泥处理的差异。笔者选用3个不同品种蚯蚓处理城市污泥,研究不同品种蚯蚓对城市污泥理化性质和污泥重金属含量的影响等,旨在为城市污泥科学处理提供科学依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 供试蚯蚓品种为赤子爱胜蚓、大平2号及威廉环毛蚓。将蚯蚓用污泥喂养繁殖,选择健康、活性好、无环带、体长5 cm左右的蚯蚓供试。供试污泥为河南润龙生物科技有限公司蚯蚓养殖基地处理过的污泥。

**1.2 试验方法** 采用口径35 cm、高40 cm,底部打孔的塑料桶,桶底铺40目尼龙放虫网,在每桶分别填入蚯蚓处理过的污泥4 kg,各投放蚯蚓150条,以未投放蚯蚓作为对照(CK)。24 h后分别在每桶表面投放待处理的污泥1 kg,每处理3次重复,置于阴凉处保湿避光饲养30 d。试验结束将蚯蚓、卵分离,计数,蚯蚓吐泥后称重。以标准CJ/T 221—2005测定

pH;以标准LY/T 1251—1999测定电导率(EC);以LY/T 1237—1999测定总有机碳含量(TOC);以标准CJ/T 221—2005测定氮、磷、钾及重金属含量。

**1.3 数据统计** 数据利用SPSS 20及Microsoft Excel 2003进行分析处理。

## 2 结果与分析

**2.1 不同品种蚯蚓对城市污泥理化性质的影响** 由表1可知,与CK相比,蚯蚓处理的pH均降低,其中,赤子爱胜蚓和大平2号处理的城市污泥pH与CK差异极显著( $P < 0.01$ ),威廉环毛蚓处理的城市污泥pH与CK差异显著( $P < 0.05$ ),赤子爱胜蚓和大平2号之间差异不显著( $P > 0.05$ )。与CK相比3个蚯蚓处理的城市污泥EC、灰分(Ash)差异均达极显著水平( $P < 0.01$ ),3个处理间差异不显著;蚯蚓处理的污泥TOC含量降低,各处理与CK相比差异均达极显著水平( $P < 0.01$ ),3个处理间差异不显著( $P > 0.05$ ),污泥TOC的降低可能是蚯蚓和微生物协同作用的结果,蚯蚓的作用是改善基质中微生物的生存条件和氧的供应,促进微生物对有机物的降解<sup>[8]</sup>。

**2.2 不同品种蚯蚓对城市污泥氮、磷、钾含量的影响** 由表2可知,与CK相比,不同品种蚯蚓处理的城市污泥氮、磷、钾均增加,赤子爱胜蚓、大平2号处理的氮含量与CK差异极显著( $P < 0.01$ ),威廉环毛蚓处理的氮含量与CK差异显著( $P < 0.05$ ),3个处理间差异不显著( $P > 0.05$ )。这是由于一方面蚯蚓活动过程中微生物对氮转化的媒介作用促进了有机氮的矿化,从而使有机氮转变成硝态氮保留在基质中,另一方面蚯蚓自身分泌的黏液、尿液、生长素和酶也会引起氮含量的增加<sup>[9]</sup>。大平2号处理的磷含量与CK差异极显著( $P < 0.01$ ),赤子爱胜蚓、威廉环毛蚓处理的磷含量与CK差异显著( $P < 0.05$ ),3个处理间差异不显著( $P > 0.05$ )。蚯蚓能

**基金项目** 2015年河南省科技攻关项目(152102310034)。

**作者简介** 李秀启(1975—),男,河南开封人,副研究员,硕士,从事农业资源及高效农业发展研究。

**收稿日期** 2016-09-30

提高城市污泥磷含量的原因可能与有机质的矿化、细菌转化和蚯蚓粪便中磷酸酶的活动有关<sup>[10]</sup>。不同品种蚯蚓处理的城市污泥钾含量相差不大,以大平 2 号处理的钾含量最高,赤子爱胜蚓与大平 2 号处理的钾含量差异不显著( $P > 0.05$ ),这 2 个品种处理与威廉环毛蚓处理的钾含量、CK 差

异显著( $P < 0.05$ ),威廉环毛蚓处理的钾含量与 CK 差异不显著( $P > 0.05$ )。接种蚯蚓后城市污泥钾含量的提高主要是由于污泥分解过程中微生物产生酸,促使污泥中不溶性钾转化为可溶性钾,同时,蚯蚓肠道中大量微生物种群也对钾含量的提高起着重要作用<sup>[11]</sup>。

表 1 不同品种蚯蚓处理的城市污泥理化性质比较

Table 1 Comparison of physiochemical properties of urban sludge treated by different earthworm varieties

处理 Treatment	pH	EC// $\mu\text{s}/\text{cm}$	Ash//%	TOC// $\text{g}/\text{kg}$
赤子爱胜蚓 <i>E. foetida</i>	6.45 aA	1 824.67 aA	55.70 aA	154.67 aA
大平 2 号 Ohira II earthworm	6.30 aA	1 866.67 aA	55.43 aA	145.00 aA
威廉环毛蚓 <i>Pheretima guillemi</i>	7.00 bAB	1 718.33 aA	52.33 aA	158.00 aA
未投放蚯蚓 Without earthworm(CK)	7.68 cB	462.67 bB	68.93 bB	225.67 bB

注:同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著,不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

Note: Different capital letters in the same column stand for extremely significant difference at 0.01 level; different lowercase indicates significant difference at 0.05 level.

表 2 不同品种蚯蚓处理的城市污泥氮、磷、钾含量比较

Table 2 Comparison of N, P, K content in urban sludge treated by different earthworm varieties

处理 Treatment	氮 N	磷 P	钾 K
赤子爱胜蚓 <i>E. foetida</i>	45.70 aA	32.87 aAB	4.90 aA
大平 2 号 Ohira II earthworm	47.03 aA	34.00 aA	5.03 aA
威廉环毛蚓 <i>Pheretima guillemi</i>	40.57 aAB	29.37 aAB	4.62 bA
未投放蚯蚓 Without earthworm(CK)	30.70 bB	22.00 bB	4.36 bA

注:同列不同大写字母表示差在 0.01 水平差异极显著,不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

Note: Different capital letters in the same column stand for extremely significant difference; different lowercases indicates significant difference.

**2.3 不同品种蚯蚓对城市污泥重金属含量的影响** 由表 3 可知,不同品种蚯蚓处理的城市污泥重金属含量均有不同程度的下降。赤子爱胜蚓、大平 2 号处理的 Cu 含量与威廉环毛蚓处理、CK 差异显著( $P < 0.05$ ),威廉环毛蚓处理的 Cu 含量与 CK 差异不显著( $P > 0.05$ )。3 个品种蚯蚓处理的 Zn 含量与 CK 差异极显著( $P < 0.01$ ),3 个品种蚯蚓处理间差异

不显著( $P > 0.05$ )。3 种蚯蚓处理城市污泥的 Pb、Cd 含量与 CK 差异极显著( $P < 0.01$ )。赤子爱胜蚓与大平 2 号处理的 Pb、Cd 含量差异不显著( $P > 0.05$ ),与威廉环毛蚓处理差异显著( $P < 0.05$ )。不同品种蚯蚓处理的 Cr 含量与 CK 差异显著( $P < 0.05$ )。大平 2 号处理的 Cr 含量与威廉环毛蚓处理、CK 差异极显著( $P < 0.01$ ),赤子爱胜蚓、威廉环毛蚓处理的 Cr 含量与 CK 差异显著( $P < 0.05$ )。不同品种蚯蚓处理的 Hg 含量与 CK 差异显著( $P < 0.05$ )。威廉环毛蚓处理的 Se 含量与 CK 差异不显著( $P > 0.05$ ),其余 2 个品种处理与 CK 差异显著( $P < 0.05$ )。综上,接种蚯蚓污泥的重金属含量降低是由于蚯蚓对重金属有较强的富集能力,同种蚯蚓对污泥中不同重金属的富集量不同,这是由蚯蚓对重金属富集的选择性造成<sup>[12]</sup>。蚯蚓对重金属的富集主要是通过皮肤和肠道的吸收,必需的微量元素能够促进蚯蚓的生理调节,因此,蚯蚓对污泥中 Zn 和 Cu 富集量较大;相反,Pb 和 Cr 是不必要的元素,蚯蚓对其会产生一定的排斥作用<sup>[13-15]</sup>。

**2.4 不同品种蚯蚓对城市污泥蚯蚓生物量的影响** 蚯蚓的

表 3 不同品种蚯蚓处理的城市污泥重金属含量比较

Table 3 Comparison of heavy metal contents in urban sludge treated by different earthworm varieties

处理 Treatment	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Hg	Se
赤子爱胜蚓 <i>E. foetida</i>	146.30 aA	663.30 aA	69.30 aA	3.15 aA	84.50 aAB	6.80 aA	13.00 aA
大平 2 号 Ohira II earthworm	135.30 aA	650.00 aA	69.50 aA	3.04 aA	82.60 aA	6.20 aA	12.70 aA
威廉环毛蚓 <i>Pheretima guillemi</i>	150.00 bA	711.70 aA	66.50 bA	3.63 bA	98.00 bB	7.00 aA	13.90 abA
未投放蚯蚓 Without earthworm(CK)	183.70 bA	1182.30 bB	123.00 cB	5.22 cB	147.1cB	12.7b A	15.3 bA

注:同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著,不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

Note: Different capital letters in the same column stand for extremely significant difference at 0.01 level; different lowercase indicates significant difference at 0.05 level.

生物量能够很好地反映蚯蚓对污泥的适应和分解能力。由表 4 可知,3 种供试蚯蚓生物量均无显著差异,大平 2 号的生物量略高于其他 2 种蚯蚓。

### 3 结论与讨论

(1) 该研究表明,供试蚯蚓对污泥的矿化能力和有机物降解能力均较强,接种蚯蚓后城市污泥的理化性质除 pH 外无显著差异( $P > 0.05$ ),接种赤子爱胜蚓、大平 2 号的城市污

泥 pH 与接种威廉环毛蚓 pH 差异显著( $P < 0.05$ );蚯蚓对重金属有较强的富集能力,接种蚯蚓后城市污泥的重金属含量降低,同种蚯蚓对污泥中不同重金属的富集量不同,不同品种蚯蚓富集能力亦有差异;供试蚯蚓的生物量均无明显差异,可作为处理城市污泥选用。

(2) 利用蚯蚓处理城市污泥,不仅可以将污泥中的重金属富集于蚯蚓体内、去除病原菌、转移消化有机有害物,而且

表3 吉安红毛鸭各种必需氨基酸的 RAA、RC 及 SRC 分析

Table 3 RAA, RC and SRC of essential amino acids in Ji' an red-feather duck

氨基酸名称 Name of amino acids	RAA	RC	SRC
苏氨酸 Thr	1.238	1.008	80.73
缬氨酸 Val	1.046	0.852	
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	0.954	0.778	
异亮氨酸 Ile	1.203	0.980	
亮氨酸 Leu	1.160	0.945	
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	1.297	1.056	
赖氨酸 Lys	1.695	1.381	

### 3 讨论与结论

蛋白质是由氨基酸组成,蛋白质的营养价值取决于各种氨基酸的种类、数量和比例。肌肉蛋白质的氨基酸组成与人体非常接近,含有人体必需的所有氨基酸,因此肉类蛋白质营养价值要高于植物性蛋白质。从吉安红毛鸭胸肌和腿肌总氨基酸检测结果来看,总氨基酸含量均高于大余麻鸭(198.88 mg/g)、兴国灰鹅(190.87 mg/g)等水禽品种<sup>[7]</sup>,且必需氨基酸占总氨基酸为 39.68%,鲜味氨基酸平均含量为 101.07 mg/g,是理想的蛋白质来源。从氨基酸评分结果来

看,吉安红毛鸭的氨基酸比值系数分较高(80.73),说明其氨基酸分配合理,能更有效地被人体所利用。

笔者通过对吉安红毛鸭胸肌和腿肌氨基酸含量的测定和分析,发现吉安红毛鸭的肌肉氨基酸含量较高,种类齐全,富含必需氨基酸和鲜味氨基酸,而且必需氨基酸营养比较均衡,符合 WTO/FAO 提出的蛋白质参考模式,配比合理,具有较高的营养价值,是有利于人体氨基酸营养平衡的食物。如果将鸭肉与大米等植物性蛋白质进行合理的膳食配比,将起到优势互补的作用,使营养更加均衡合理。

### 参考文献

- [1] 邹剑敏,李慧芳,陈宽维,等. 我国家鸭品种资源遗传多样性保护等级分析[J]. 畜牧兽医学报,2011,42(1):25-32.
- [2] 董闻鲜,尹郁荪,谢良根,等. 吉安红毛鸭的选育研究[J]. 江西农业学报,2003,15(3):6-10.
- [3] 谢程炜,诸永志,王道营,等. 3 个品种鸭肉排酸成熟后的氨基酸组成比较及评价[J]. 西南农业学报,2013,26(4):1677-1681.
- [4] PELLET P L, YOUNG V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Tokyo: The United Nations University, 1980.
- [5] 郑小江,向东山,肖浩. 景阳鸡氨基酸组成分析与营养价值评价[J]. 食品科学,2010,31(17):373-375.
- [6] 朱圣陶,吴坤. 蛋白质营养价值评价——氨基酸比值系数法[J]. 营养学报,1988,10(2):187-190.
- [7] 刘三凤,舒希凡. 江西鹅鸭地方品种肌肉氨基酸含量的测定与分析[J]. 江西农业大学学报,1999,21(4):569-571.

(上接第 113 页)

可将城市污泥转化为富含营养物质的有机肥,是一条无害化

有效途径。

表4 不同品种蚯蚓处理的城市污泥蚯蚓生物量比较

Table 4 Comparison of earthworm biomass in urban sludge treated by different earthworm varieties

处理 Treatment	初始蚯蚓重量 Initial weight of earthworm//g	最终蚯蚓重量 Final weight of earthworm//g	增重率 Rate of body weight gain//%	卵数 Cocoons//个
赤子爱胜蚓 <i>E. foetida</i>	66.68 a	99.36 a	49.01 a	55.5 a
大平 2 号 <i>Ohira</i> earthworm	72.41 a	114.68 a	56.33 a	63.0 a
威廉环毛蚓 <i>Pheretima guillemi</i>	63.01 a	97.01 a	53.96 a	51.0 a

注:同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著,不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

Note: Different capital letters in the same column stand for extremely significant difference at 0.01 level; different lowercase indicates significant difference at 0.05 level.

### 参考文献

- [1] 张鹏飞,徐燕,曾正中,等. 国外城市污泥处理处置方式研究及对我国的启示[J]. 环境工程,2010,28(S1):434-438.
- [2] 李典友,潘根兴,向昌国,等. 土壤中蚯蚓资源的开发应用研究及展望[J]. 中国农学通报,2005,21(10):340-347.
- [3] PAUL J A J, KARMEGAM N, DANIEL T. Municipal solid waste (MSW) vermicomposting with an epigeic earthworm, *Perionyx ceylanensis* Mich. [J]. Bioresource technology, 2011, 102(12):6769-6773.
- [4] 孙颖,桂长华,孟杰,等. 利用蚯蚓活动改善污泥性质的实验研究[J]. 环境化学,2007,26(3):343-346.
- [5] 白春节. 低繁殖量蚯蚓养殖法处理剩余污泥的可行性研究[J]. 安全与环境学报,2006,6(6):9-12.
- [6] 吴敏,杨健. 蚯蚓生态床处理剩余污泥[J]. 中国给水排水,2003,19(5):59-60.
- [7] KOCIK A, TRUCHAN M, ROZEN A. Application of willows (*Salix viminalis*) and earthworms (*Eisenia fetida*) in sewage sludge treatment[J]. Soil Biol, 2007, 43:327-331.
- [8] GUNADI B, EDWARDS C A. The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae) [J]. Pedobiologia, 2003, 47(4):321-329.
- [9] VIEL M, SAYAG D, ANDRE L. Optimization of agricultural, industrial waste management through in-vessel composting [C]//DE Bertodi M. Compost: Production, quality and use. Essex: Elsevier Applied Science, 1987:230-237.
- [10] GARG P, GUPTA A, SATYA S. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study [J]. Bioresour Technol, 2006, 97(3):391-395.
- [11] KAVIRAJ, SHARMA S. Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworms [J]. Bioresour Technol, 2003, 90(2):169-173.
- [12] 伏小勇,秦赏,杨柳,等. 蚯蚓对土壤中重金属的富集作用研究[J]. 农业环境科学学报,2009,28(1):78-83.
- [13] KAMITANI T, KANEKO N. Species-specific heavy metal accumulation patterns of earthworms on a floodplain in Japan [J]. Ecotoxicol Environ Saf, 2007, 66(1):82-91.
- [14] LANNON R, WELLS J, CONDER J, et al. The bioavailability of chemicals in soil for earthworms [J]. Ecotoxicol Environ Saf, 2004, 57(18):39-47.
- [15] NAHMANI J, HODSON M E, BLACK S. A review of studies performed to assess metal uptake by earthworms [J]. Environ Pollut, 2007, 145(2):402-424.