

范钦栋. 昆虫生态服务价值的评估——以河南省蜣螂为例[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(9): 356–358.

# 昆虫生态服务价值的评估 ——以河南省蜣螂为例

范钦栋

(华北水利水电大学建筑学院, 河南郑州 450046)

**摘要:**采用价值替代法通过对河南省蜣螂的生态服务如粪便分解、牧草污染处理和氮循环进行研究并价值计算, 得出其生态服务价值为  $2.26 \times 10^9$  元。论证了蜣螂以及昆虫提供的巨大生态服务价值, 同时初步提出了更为精确的昆虫生态系统服务价值的评价研究思路, 推动我国昆虫生态服务价值评价的发展。

**关键词:**生态系统服务; 昆虫; 蜣螂; 生态价值; 计算方法; 评价指标

**中图分类号:** Q968.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2014)09-0356-02

生态系统服务是指人类从生态系统获得的各种惠益, 包括生态系统的供给服务、调节服务、文化服务以及为上述各项服务提供支撑的支持服务<sup>[1]</sup>。目前, 生态系统的退化已经对人类福祉造成了日益严重的损伤, 定量对生态系统服务价值的研究, 有助于提高对生态系统服务价值的认识, 有利于对自然生态系统进行可持续开发和利用, 从而对自然生态系统进行有效的管理与保护<sup>[2]</sup>, 同时为开发建设和生态补偿提供依据。对生态系统服务的研究以及价值计算一直是国内外生态研究的热点问题<sup>[3]</sup>, 但有关昆虫生态系统服务的研究国内外相关文献报道较少。昆虫生态系统服务是指昆虫类群在生态系统服务中发生的作用, 以及为人类提供的各种收益, 一般包括有形收益的产品和无形收益的服务<sup>[4]</sup>。目前, 国内外对昆虫生态服务的研究主要停留在定性的服务分析和过程研究上, 如传粉、病虫害控制、物质分解等<sup>[5]</sup>。而对于昆虫生态服务价值的核算, 国外尚无统一的生态价值计算方法, 国内尚无相关文献报道。

## 1 研究区概况

河南位于中国中东部, 地处沿海与中西部结合部,  $31^{\circ}23' \sim 36^{\circ}22'N$ 、 $110^{\circ}21' \sim 116^{\circ}39'E$ , 属于暖温带—亚热带、湿润—半湿润季风气候。冬季较为寒冷雨雪少, 春季干旱风沙多, 而夏季炎热雨丰沛, 秋季晴和日照足。全省的年平均气温在  $12 \sim 16^{\circ}C$ ,  $1$  月  $-3 \sim 3^{\circ}C$ ,  $7$  月  $24 \sim 29^{\circ}C$ , 大体东高西低, 南高北低, 山地与平原间差异相对比较明显。在中国动物地理区划上, 则处于华北区和华中区交接地带。因此, 河南省动物区系构成呈现复杂化、多样化的局面<sup>[6]</sup>。

河南省由于特殊的地质历史、交错的地理位置和过渡性的气候环境, 生物资源非常丰富。河南省昆虫物种有 7 387 种左右, 是目前全国记录昆虫种类最多的省份, 为河南省生物产业的发展提供了宝贵的资源储备, 也为世界生物多样性和

中国生物资源宝库增添了科学财富<sup>[7]</sup>, 创造了巨大的生态服务价值。蜣螂在河南省分布极广, 各个地市均有分布, 具有较强的地域代表性。

## 2 研究方法

对生态服务价值评定一般采用的是 Chee 等的评价方法<sup>[8]</sup>, 即物质量评价法(PAM)和价值量评价法(VAM)。物质量评价法主要是从物质量的角度对生态系统提供的服务进行整体评价, 而价值量评价法主要是从价值量的角度对生态系统提供的服务进行整体评价<sup>[9]</sup>。本研究主要运用价值量评价法中的价值替代法进行评价。

本研究的研究对象不包含人工饲养以取得产品价值的昆虫, 如人工放养蜜蜂取得蜂蜜、人工养蚕获得蚕丝、人工饲养蛭食用等。人工饲养以获取产品价值的昆虫对生态系统服务影响作用不明显, 同时大部分不需要专门对其保护来维持生态系统的正常运转<sup>[10]</sup>。本研究选取蜣螂作为评价对象, 对其生态服务价值进行核算。蜣螂的生态系统服务功能主要有粪便分解、牧草污染处理、氮循环和有害生物(蚊蝇等)控制等<sup>[11]</sup>。其生态系统服务范围主要集中在粪便中, 主要以蜣螂对牛粪的粪便处理、牧草污染控制和氮循环这 3 种生态系统服务价值进行核算。对具体生态服务价值指标的选取并不是以其在生态系统服务中所起的作用为原则, 而是以数据的可获取性和方法的可操作性为原则。

### 2.1 粪便处理

蜣螂可以将固体牛粪破碎化并分解入地下, 但仅限于草地和土地(简称自然地块), 蜣螂活动能力在水泥地和铺装路面上受限。农村牛类养殖基本上都是自然地块个体放养, 而养殖场的混合地块较多。另外, 一些养殖场采用药物对粪便进行杀菌消毒, 蜣螂排斥杀菌消毒处理的牛粪。据国外研究, 在自然情况下牛粪完全分解的平均时间为  $28.14 \pm 0.71$  个月, 在有蜣螂作用的情况下, 分解平均时间为  $22.74 \pm 0.64$  个月<sup>[12]</sup>。因此可以得出蜣螂将粪便分解速率提升 19%<sup>[12]</sup>。采用利用价值替代法, 将蜣螂处理粪便的服务价值转化为人工处理粪便等固体垃圾所需要的价值量。

$$V_d = T \times R_1 \times P_1 \times D \times I \times M_d \quad (1)$$

收稿日期: 2013-11-01

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41071118, 51379079)。

作者简介: 范钦栋(1983—), 男, 河南洛阳人, 博士, 讲师, 主要从事景观生态学及景观设计方面的研究。E-mail: fanqindong@126.com。

式中:  $V_d$  为蜣螂处理粪便的价值(元);  $T$  为河南省牛的数量(头);  $R_1$  为自然地块的牛的比例;  $P_1$  为粪便没有被药物处理的牛的比例;  $D$  为每头牛所产生的粪便量( $\text{m}^3$ );  $I = 19\%$ ;  $M_d$  为当地人工处理土方量的单位价值(元/ $\text{m}^3$ )。

## 2.2 牧草(饲料)污染处理

自然地块上的牛粪堆积能提高牛粪堆下水肥含量,改善土壤理化性质,利于植物生长。但是新鲜牛粪质地黏稠,分解速度缓慢,造成牛粪下植物因缺氧、少光而死亡。牲畜拒绝取食牛粪周围的草地面积高达牛粪面积的 17.15 倍<sup>[13]</sup>。在缺少蜣螂的处理分解下,牛取食范围缩小,造成牛肉减产达 7.63 kg/头<sup>[14]</sup>。采用价值替代法计算如下:

$$V_f = T \times I \times C \times M_b \quad (2)$$

式中:  $V_f$  为蜣螂处理牧草(饲料)污染的价值(元);  $T$  为河南省牛的数量(头);  $C = 7.63 \text{ kg/头牛}$ ;  $M_b$  为当地牛肉价格(元/kg)。

## 2.3 氮循环价值计算

以牛粪中的氮循环为例。格拉德研究,氮在牛粪中的含量约为 2%,自然状态下没有蜣螂处理的粪便大约 80% 的氮直接释放到空中<sup>[15]</sup>。然而蜣螂可以将牛粪输入地下,为植物提供养分。同时每头牛每年大约能产生 27 kg 的氮<sup>[15]</sup>,转化为人工施氮肥的成本进行替代如下:

$$V_N = T \times M_N \times P_2 \times R_2 \quad (3)$$

式中:  $V_N$  为氮循环价值(元);  $T$  为河南省牛的数量(头);  $M_N$  为当地人工施氮肥的成本(kg/元);  $R_2$  取 2%,  $P_2$  取 80%。

# 3 结果与分析

## 3.1 牛粪处理的生态服务价值

$D$  参考的数值来自于文献<sup>[16]</sup>,约为  $21 \text{ m}^3$ ;参考的数值来自于河南省畜牧业统计数据<sup>[17]</sup>,为  $9.55 \times 10^6$  头;  $P_1$ 、 $R_1$  来自河南省统计年鉴结合抽样调查数据,  $P_1 = 72\%$ ,  $R_1 = 80\%$ ,  $I = 19\%$ ;  $M_d$  为当地人工处理牛粪土方量的单位价值 30 元/ $\text{m}^3$ 。代入公式(1)中  $V_d = T \times R_1 \times P_1 \times D \times I \times M_d$ ,得到  $V_d = 5.49 \times 10^8$  元,即河南省牛粪处理的生态价值约为  $6.58 \times 10^8$  元。

本研究仅以蜣螂处理牛粪的生态服务价值进行核算,实际中蜣螂关于粪便的处理还包括马、猪、鸡等其他家庭驯养类动物和兔子、狼等野生动物。家庭驯养类的可以根据此法结合相关数据类推,野生动物的数据尚需要长期观测,暂未能深入研究。因此蜣螂处理粪便的生态服务价值远远大于  $6.58 \times 10^8$  元。

## 3.2 牧草污染的处理价值

式(2)中  $M_b$  的参考值来自于当地牛肉市场价格 50 元/kg;  $T$  取自于河南省畜牧业统计数据,为  $9.55 \times 10^6$  头;  $C$  取 7.63 kg/头牛。代入公式(2)得出蜣螂对牧草污染处理的价值  $V_f$  为  $6.92 \times 10^8$  元。

本研究在处理牧草污染的价值计算时,将其转化为牛肉减产的产量价值,也可以采用牛类拒绝使用的牧草面积转化为牧草价值来替代计算。

## 3.3 氮循环的处理价值

式(3)人工施氮肥的成本  $M_N$  取值:以河南省的氮肥以及复合肥的销量为基础,计算出它们的相互比例,同时结合氮元

素在其中的比例以及销售价格,计算出每千克氮元素的价格,结合河南省平均人工费用,得出  $M_N$  为 1.5 元/kg。  $R_2$  取 2%,  $P_2$  取 80%。代入式(3)中得出蜣螂对氮循环的处理价值  $V_N$  为  $9.09 \times 10^8$  元。在牛粪的氮释放过程中,除了蜣螂作用外,还有其他微生物作用,该项指标的计算结果比实际偏大。

# 4 结论与讨论

通过对蜣螂的 3 项生态系统服务(粪便分解、牧草污染处理、氮循环)价值的评估,得出其在河南省的价值量约为  $2.26 \times 10^9$  元。结果既是蜣螂对牛粪处理的生态服务价值,同时也是蜣螂若干生态服务价值中的一部分。蜣螂只是昆虫种类之一,昆虫的种类和数量巨多,生态服务价值远大于本研究数值。长期以来,人类对其依赖和生存的环境所提供的生态系统服务定量不准,尤其是昆虫的生态服务价值的核算几乎没有涉及,在经济发展和环境保护的困惑中,无法精确衡量其中的利弊关系。本研究仅以蜣螂为例进行对昆虫的生态服务价值进行粗略计算,精确的昆虫生态服务价值的核算有以下几个方面可以讨论。

生态系统是一个开放的系统,昆虫的迁徙和活动不受行政区划的控制,因此对数据的取得和计算应进行统筹全盘考虑,或者利用价值替代法转换为行政区划内的动植物产值或者消耗量等进行价值核算。

本研究借鉴部分国外相关数据及研究方法<sup>[12-16]</sup>,国外的一些昆虫习性和地理特征等相关因素与国内存在差异,因此计算结果有一定偏差,国外相关文献和数据只能起到参照作用,更为精确的测算需要加强对本土昆虫的生态功能进行长期的数据监测及过程研究。

关于昆虫对野生动植物以及微生物,即对生物多样性的影响所引起的直接或间接对人类生态系统服务价值的产生和变化,本研究限于数据的取得,没有进行具体核算,这将是昆虫生态服务影响中的重点和难点。

昆虫所提供的生态系统服务,只有一小部分能够进入市场,因而其生态系统服务价值的评估结果难以市场化,经常陷入政府、企业、公众无人买单的境地,同时其生态价值评估结果往往是现实交易价值的数十倍以上,仅能作为提高公众生态意识之用。更为深入的研究应剖析其生态系统服务市场化的潜力和可行性,探索适合我国国情的价值核算体系。

昆虫生态服务价值核算的标准化问题:昆虫生态系统服务类型很多,不可能对每种功能都一一计量,而且对各项指标(如条件价值法、享乐价值法、市场成本法、替代成本法等)的核算方法也存在不同的认识。确立一个统一的、成熟的昆虫生态服务评价指标体系以及一套完善的、规范的价值评价方法将是下一步研究的重点。

## 参考文献:

- [1] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment[M]. Washing DC: Island Press, 2003.
- [2] Daily G C. Nature's services: societal dependence on natural ecosystem[M]. Washing DC: Island Press, 1997.

李 恒, 龙 柱, 冯群策. 废纸脱墨污泥蚯蚓生物处理效应[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(9): 358–360.

# 废纸脱墨污泥蚯蚓生物处理效应

李 恒, 龙 柱, 冯群策

(江南大学纺织服装学院造纸研究室/江南大学生态纺织教育部重点实验室, 江苏无锡 214122)

**摘要:**探讨采用大平 2 号蚯蚓生物处理废纸脱墨污泥的最佳工艺条件、污泥重金属和肥效等变化, 以及蚯蚓对污泥重金属的吸收或富集作用, 结果表明, 在脱墨污泥: 大豆秸秆: 稻壳(大豆秸秆、稻壳为辅料)质量比为 100:1:1 条件下, 蚯蚓生物处理脱墨污泥的最佳培养时间为 30 d, 最佳蚯蚓投放量为 20 g/500 g 污泥; 最佳工艺条件下, 蚯蚓生物处理污泥 Cu、As 的去除率分别达到 43%、57%, 污泥全氮(TN)、全磷(TP)、全钾(TK)含量分别上升 25%、75%、10%; 蚯蚓对于污泥中 Cu 的吸收系数  $K=0.47$ , 对 As 的富集系数  $K=1.73$ , 蚯蚓对脱墨污泥中重金属的去除能力  $As > Cu$ 。

**关键词:**脱墨污泥; 蚯蚓; 重金属; 肥效; 富集作用

**中图分类号:** X793 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)09-0358-03

废纸资源的循环利用是我国造纸工业发展的一大特色, 废纸造纸的兴起推动了我国造纸工业的快速发展; 但是, 从目前我国造纸生产的运行情况 & 环境保护角度来看, 造纸工业主要固体废弃物——废纸脱墨污泥的无害化处理与资源化利用是造纸工业亟待解决的重大问题。据中国造纸协会调查资料显示, 2012 年全国纸浆生产总量为 7 867 万 t, 其中, 废纸浆 5 983 万 t, 较 2011 年增长 5.71%<sup>[1]</sup>。另据统计, 2012 年全国废纸脱墨污泥的产量为 200 万~250 万 t。随着国家对环保的要求越来越高, 废纸循环利用的比例进一步增大, 废纸脱墨污泥的产量也将会更加巨大。目前, 对废纸脱墨污泥的处理主要是堆积填埋和焚烧。堆积填埋的缺点是占用大量土地、

不能根治污染; 焚烧处理的缺点是投资运营费用较高, 易产生尾气污染<sup>[2]</sup>。Hartenstein 最早提出的蚯蚓生物处理技术具有成本低廉、二次污染少等特点, 可以有效降低污泥中重金属含量, 提高污泥肥效, 使处理后的脱墨污泥可以应用于农业生产, 成为优质的有机肥, 实现污泥的“减量化、无害化、资源化”<sup>[3]</sup>。国内外对于利用蚯蚓生物处理造纸污泥的研究已有少量报道。刘鸿雁等对蚯蚓生物处理竹浆造纸污泥后污泥的肥效和重金属 Pb、Zn、Cu 的变化进行了研究<sup>[4]</sup>; 李丹等研究了蚯蚓生物处理造纸活性污泥过程中蚯蚓的生长繁殖情况<sup>[5]</sup>; Banu 等对生物处理造纸废水污泥的蚯蚓种类及接种密度进行了研究<sup>[6]</sup>。对于利用蚯蚓生物处理废纸脱墨污泥的研究还未见报道。为此, 本试验对大平 2 号蚯蚓生物处理废纸脱墨污泥的最佳工艺条件、污泥重金属和肥效等变化, 以及蚯蚓对污泥重金属的吸收或富集作用等进行研究, 为蚯蚓生物处理废纸脱墨污泥的开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

废纸脱墨污泥来自广西某造纸厂, 利用 100% 废纸生产

收稿日期: 2013-11-19

基金项目: 江苏省科技支撑计划(编号: BE2012427); 江苏高校优势学科建设工程。

作者简介: 李 恒(1989—), 男, 江苏无锡人, 硕士, 从事造纸工业固体废弃物的资源化利用研究。E-mail: liyuheng1989@126.com。

通信作者: 龙 柱, 博士, 教授, 博士生导师, 从事制浆造纸技术、纤维功能材料和生物资源综合利用研究。E-mail: longzhu@jiangnan.edu.cn。

[3] Howarth R B, Farber S. Accounting for the value of ecosystem services[J]. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 421–429.

[4] 欧阳芳, 赵紫华, 戈 峰. 昆虫的生态服务功能[J]. *应用昆虫学报*, 2013, 50(2): 305–310.

[5] Nee S. More than meets the eye: earth's real biodiversity is invisible, whether we like it or not[J]. *Nature*, 2004, 429: 804–805.

[6] 申效诚. 河南昆虫名录[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1993.

[7] 田 华. 河南昆虫资源的研究现状及展望[J]. *贵州农业科学*, 2009, 37(9): 113–115.

[8] Chee Y. An ecological perspective on the valuation of ecosystem services[J]. *Biological Conservation*, 2004, 120: 549–565.

[9] 赵景柱, 肖 寒, 吴 刚. 生态系统服务的物质质量与价值量评价方法的比较分析[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(2): 290–292.

[10] Losey J, Vaughan M. The economic value of ecological services provided by insects[J]. *BioScience*, 2006, 56(4): 311–323.

[11] Dadour I, Allen J. Control of bush flies by dung beetles[EB/OL].

(2006-02-16)[2013-10-01]. <https://www.agric.wa.gov.au/land-use/control-bush-flies-dung-beetles>.

[12] SAS Institute. SAS/STAT user's guide[R]. Release Cary (NC), 1992.

[13] Bai M. Ecological value and conservation significances of dung beetles. [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2010, 47(1): 39–46.

[14] Anderson J R, Merritt R W, Loomis E C. The insect-free cattle dropping and its relationship to increased dung fouling of rangeland pastures[J]. *Journal of Economic Entomology*, 1984, 77: 133–141.

[15] Gillard P. Coprophagous beetles in pasture ecosystems[J]. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 1967, 33: 30–34.

[16] Fincher G. The potential value of dung beetles in pasture ecosystems [J]. *Journal of the Georgia Entomological Society*, 1981, 16: 301–316.

[17] 河南省统计局. 河南统计年鉴: 2012[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012.