

昆虫生态服务的价值研究与探讨

范钦栋

(华北水利水电大学 建筑学院, 河南 郑州 450046)

摘要: 以蜣螂 *Catharsius molossus* 为例, 采用 Costanza 和 Chee 的价值替代法对河南省蜣螂的生态服务如生粪便分解、牧草污染处理和氮循环的价值统计, 得出其生态服务价值为 5.10×10^9 元, 阐述昆虫提供的巨大生态服务价值。初步提出了昆虫生态系统服务价值的测算方法, 以期推动昆虫服务价值评价的研究发展, 同时对生态系统服务价值与政府决策的权衡进行探讨。参 26

关键词: 昆虫生态学; 昆虫; 蜣螂; 生态服务价值; 生态系统服务评价

中图分类号: Q968.1; S186 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2014)05-0774-05

Research and discussion on the valuation of insects' ecosystem services

FAN Qindong

(College of Architecture, North China University of Water Resource and Electric Power, Zhengzhou 450046, Henan, China)

Abstract: This paper used Costanza and Chee's value substitution method to calculate the value of *Catharsius molossus*' ecosystem services including dung decomposition, pasture pollution treatment and nitrogen cycle in Henan Province. The economic value of the three services added up to 5.1 billion RMB which indicated that the insects provided substantial value of ecological services. The proposed method to calculate the value of insects' ecosystem services would promote the research on the valuation of insects' services. The paper also discussed the tradeoff between ecosystem services and decision-making of government. [Ch, 26 ref.]

Key words: insect ecology; insect; *Catharsius molossus*; value of ecological services; ecosystem service valuation

生态系统服务是指人类从生态系统获得的各种惠益, 如供给服务、调节服务、支持服务和文化服务等^[1]。生态系统提供了人类几乎所有的福祉要素^[2], 人类的生存和发展依赖于生态系统所提供的服务。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, 定量研究生态系统服务价值, 有助于提高对生态系统服务价值的认识, 同时为政府政策权衡提供依据, 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的进行有效的管理与保护^[3]。近些年来, 国内外对生态系统服务价值的计算研究逐渐日趋增多^[4], 相关理论与方法也不断涌现。国外学者在全球和区域尺度、流域尺度、单个生态系统尺度、单项服务价值方面开展了大量的研究工作^[5]。如 Sutton 等^[6]的全球尺度生态系统服务评价, Grêt-Regamey 等^[7]的关于区域尺度生态系统服务评价, Pattanayak^[8]的关于流域尺度服务价值, Lal^[9]的关于单个生态系统尺度生态服务价值核算, 以及 de Mendonca^[10]关于单项生态系统服务价值的研究。国内关于生态系统价值核算的研究起步较晚, 欧阳志云等^[11]在 1999 年首次使用生态系统服务的概念并对我国陆地生态系统的 6 种服务价值进行了初步评估, 也是中国较早研究生态系统服务价值的论著之一。随后, 赵景柱等^[12]对 13 个国家生态系统服务价值的测算进行比较分析, 赵同谦等^[13-15]对中国陆地地表水、中国草地、中国森林、海南岛等大尺度区域的生态系统服务进行了价值评估, 谢高地等^[16]在

收稿日期: 2013-11-04; 修回日期: 2014-02-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51379079)

作者简介: 范钦栋, 讲师, 博士, 从事景观及景观生态等研究。E-mail: fanqindong@126.com

Costanza 等提出的评价模型的基础上, 对国内 200 多位生态学学者进行了问卷调查, 提出了“中国生态系统服务价值当量因子表”。21 世纪以来, 国内外的研究范围更加广阔, 但对昆虫生态系统服务的研究依然很少涉及。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^[17]。国内对昆虫生态服务的研究主要停留在定性的服务作用分析上, 例如传粉、病虫害控制、物质分解等^[18]。国外对蜜蜂 *Apis spp.* 等昆虫的生态服务价值(如传粉等)已经开始进行定性的研究和定量核算, 但尚未形成共识的理论体系和方法。本研究以河南省蜣螂 *Catharsius molossus* 为例, 初步对其生态系统服务价值的进行测算, 以期推动国内昆虫服务价值评价研究与发展, 同时对生态服务价值与政府政策权衡进行简单评述, 为政府政策的生态意识提供参考。

1 研究区概况

1.1 自然地理概况

河南省首位于中国中东部, 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, 而夏季炎热雨水丰沛, 秋季晴和日照充足。全省的年平均气温为 $12 \sim 16^{\circ}C$, 1 月 $-3.0 \sim 3.0^{\circ}C$, 7 月 $24.0 \sim 29.0^{\circ}C$, 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。

1.2 昆虫资源概况

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, 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^[19], 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 Costanza 和 Chee 的评价方法^[20], 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价值量的角度对生态系统提供的服务进行整体评价^[21]。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生粪便分解、牧草污染处理、氮循环和有害生物(蚊蝇等)控制等^[22], 其生态系统服务范围主要集中在粪便中。我们主要以蜣螂对牛粪的生粪便处理、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, 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 ± 0.71) 个月。在有蜣螂作用的情况下, 分解平均时间为 (22.74 ± 0.64) 个月^[24]。因此, 可以得出蜣螂将粪便分解速率提升了 19%。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。

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

式(1)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 为牛所产生的粪便量, $m^3 \cdot \text{头}^{-1}$; $I=19\%$; M_d 为当地人工处理土方量的单位价值, 元· 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。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 $7.63\text{ kg}\cdot\text{头}^{-1}$ ^[24]。采用价值替代法计算如下：

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

式(2)中： V_f 为蜣螂处理牧草(饲料)污染的生态系统服务价值，元； T 为河南省牛的数量，头； $C=7.63\text{ kg}\cdot\text{头}^{-1}$ ； M_b 为当地牛肉价格，元·kg⁻¹。

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。然而蜣螂可以将牛粪输入地下，为植物提供养分。同时牛大约能产生氮 $27\text{ kg}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ ^[25]，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(3)中： V_n 为氮循环价值， T 为河南省牛的数量，头； M_n 为当地人工施氮肥的成本，元·kg⁻¹； 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[26]，约为 21 m^3 。 T 参考的数值来自于河南省畜牧业统计数据^[22]，为 9.55×10^6 头。 P_1 和 R_1 来自河南省统计年鉴结合抽样调查数据 $P_1=72\%$ ， $R_1=80\%$ ， $I=19\%$ ^[24]， M_d 为当地人工处理牛粪土方量单位价值 $25.00\text{ 元}\cdot\text{m}^{-3}$ 。代入式(1)中得到 5.49×10^8 元。即河南省牛粪处理的生态价值约为 5.49×10^8 元。这里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 5.49×10^8 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 $50.00\text{ 元}\cdot\text{kg}^{-1}$ ； T 取自于河南省畜牧业统计数据为 9.55×10^6 头； C 取 $7.63\text{ kg}\cdot\text{头}^{-1}$ 。代入式(2)得出蜣螂对牧草污染处理的价值 V_f 为 3.64×10^9 元。

本研究在计算处理牧草污染的价值时，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，计算出氮元素的价格(元·kg⁻¹)，结合河南省平均人工费用，得出 M_n 为 $1.50\text{ 元}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。 R_2 取2%， P_2 取80%。代入式(3)中得出蜣螂对碳循环的处理价值 V_n 为 9.09×10^8 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，计算结果比实际偏大。

4 结论与讨论

4.1 昆虫生态系统服务价值的核算探讨

通过对蜣螂的3项生态系统服务(生粪便分解、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 5.10×10^9 元。结果仅是蜣螂对生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。而蜣螂只是昆虫种类之一，昆虫的种类和数量巨多，因此，昆虫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。本研究通过价值替代法对蜣螂部分的生态系统服务进行了粗略的价值统计。价值替代法对于大范围的区域尺度的生态系统价值核算提供了便利性，同时避免了相对复杂的生态过程分析，对缺乏难获得的生态检测数据的生态系统服务价值核算问题的处理具有一定的积极意义；但由于评价中缺乏对生态系统结构、生态过程与服务功能的深入分析，导致结果往往缺乏直接的生态学依据。同样不同地区的物价、劳动力价值水平

存在差异，影响到评价结果的一致性。更为准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基于昆虫活动过程和范围的全局考虑。本研究采用的一些数据和研究方法以国外为主，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，精确的测算需要加强对本土昆虫的生态系统服务进行长期的观测和深入的过程研究。

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带来直接或间接的对人类的生态系统服务价值，因限于数据的取得，本研究没有进行具体核算。这将是昆虫生态服务影响中的重点和难点。

4.2 生态系统服务总价值与政府决策权衡扩展分析

目前，生态服务价值评估在全球范围都是一个热点，之前的研究侧重于全球和区域范围，最近的研究偏向于基于生态过程的单项生态系统。昆虫生态系统服务价值核算研究也出于此背景下。定量生态系统服务价值的意义在于有助于提高公众的环境意识，同时也是政府政策决策权衡的重要依据：①促进各级政府树立科学的发展观，正确权衡和评价每项措施的影响。政府在制定任何项目前期，必须以科学、准确的生态系统价值评估为依据，将项目带来的经济收益与项目带来的生态系统服务价值丧失进行对比，或者是在进行生态系统保护工程规划时权衡项目自身花费成本与带来的生态系统保护价值的增加量进行对比，来决定政策或项目的实施与否。②研究生态系统服务的边际价值，确定精确的生态系统补偿标准和方案。尽管生态系统服务的总体价值巨大，但对于具体的问题分析显得过于笼统，因此，研究优化或恶化导致生态服务功能的增加或减少的边际价值更具有实际意义。如生态系统购买者的活动导致某种生境丧失引起昆虫生态系统服务价值的降低，必须由生态系统购买者对生态系统服务提供者进行生态补偿，因此，边际价值的确定不仅需要生态系统提供服务的真实值，还需要量化生态服务功能的变化对人们偏好的满足程度来确定使之成为一个长期和谐的持续机制。③推进环境与国民经济的科学评价：当前环境评价往往以某类指标的高低作为某种环境因素的评价标准，如细颗粒物($pm_{2.5}$)浓度的高低反映雾霾的严重程度，不能表达环境与生态系统服务变化所产生的具体价值影响，即雾霾天气对人类健康带来的具体经济损失等。将生态价值与环境评价联系起来，有助于具体的环境科学评价，促进环境成本纳入国民经济核算体系，现行的国民经济核算体系以国民生产总值或国内生产总值作为主要指标，只重视经济产值及其增长速度的核算，而忽视国民经济赖以发展的生态资源基础和环境成本的计算。

参考文献：

- [1] ALCAMO J, BENNETT E M. *Ecosystems and Human Well-being: A Frame Work for Assessment* [M]. Washington D C: Island Press, 2003.
- [2] BOYD J W, BANZHAF H S. Ecosystem services and government accountability: the need for a new way of judging nature's value [J]. *Resources*, 2005, **158**: 16 – 19.
- [3] DAILY G C. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystem* [M]. Washington D C: Island Press, 1997.
- [4] HOWARTH R, FARBER S. Accounting for the value of ecosystem services [J]. *Ecol Econ*, 2002, **41**(9): 421 – 429.
- [5] 赵军, 杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展[J]. 生态学报, 2007, **27**(1): 346 – 356.
- ZHAO Jun, YANG Kai. Valuation of ecosystem services: characteristics, issues and prospects [J]. *Acta Ecol Sin*, 2007, **27**(1): 346 – 356.
- [6] SUTTON P C, COSTANZA R. Global estimates of market and non-market values derived from nighttime satellite imagery, land cover, and ecosystem service valuation [J]. *Ecol Econ*, 2002, **41**(3): 509 – 527.
- [7] GRÉT-REGAMEY A, KYTZIA S. Integrating the valuation of ecosystem services into the input-output economics of an Alpine region [J]. *Ecol Econ*, 2007, **63**(4): 786 – 798.
- [8] PATTANAYAK S K. Valuing watershed services: concepts and empirics from southeast Asia [J]. *Agric Ecos & Environ*, 2004, **104**(1): 171 – 184.
- [9] LAL P. Economic valuation of mangroves and decision making in the Pacific [J]. *Ocean & Coast Manage*, 2003, **46**(9/10): 823 – 844.
- [10] de MENDONCA M J C, SACHSIDA A, LOUREIRO P R A. A study on the valuing of biodiversity: the case of

- three endangered species in Brazil [J]. *Ecol Econ*, 2003, **46**(1): 9 – 18.
- [11] 欧阳志云, 王如松. 生态系统服务功能、生态价值与机持续发展[J]. 世界科技研究与发展, 1999, **22**(5): 45 – 50.
OUYANG Zhiyun, WANG Rusong. Ecosystem services and their economic valuation [J]. *World Sci-Tech R & D*, 1999, **22**(5): 45 – 50.
- [12] 赵景柱, 徐亚骏, 肖寒, 等. 基于可持续发展综合国力的生态系统服务评价研究: 13个国家生态系统服务价值的测算[J]. 系统工程理论与实践, 2003(1): 121 – 127.
ZHAO Jingzhu, XU Yajun, XIAO Han, et al. Ecosystem services evaluation based on comprehensive national power for sustainable development: the evaluations on 13 countries [J]. *Syst Engineer-theory & Pract*, 2003(1): 121 – 127.
- [13] 赵同谦, 欧阳志云, 王效科, 等. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 自然资源学报, 2003, **18**(4): 443 – 452.
ZHAO Tongqian, OUYANG Zhiyun, WANG Xiaoke, et al. Ecosystem services and their valuation of terrestrial surface water system in China [J]. *J Nat Resour*, 2003, **18**(4): 443 – 452.
- [14] 赵同谦, 欧阳志云, 贾良清, 等. 中国草地生态系统服务功能间接经济价值评价 [J]. 生态学报, 2004, **24**(6): 1101 – 1110.
ZHAO Tongqian, OUYANG Zhiyun, JIA Liangqing, et al. Ecosystem services and their valuation of China grassland [J]. *Acta Ecol Sin*, 2004, **24**(6): 1101 – 1110.
- [15] 赵同谦, 欧阳志云, 郑华, 等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J]. 自然资源学报, 2004, **19**(4): 480 – 491.
ZHAO Tongqian, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al. Forest ecosystem services and their valuation in China [J]. *J Nat Resour*, 2004, **19**(4): 480 – 491.
- [16] 谢高地, 张钇锂, 鲁春霞, 等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. 自然资源学报, 2001, **16**(1): 47 – 53.
XIE Gaodi, ZHANG Yili, LU Chunxia, et al. Study on valuation of rangeland ecosystem services of China [J]. *J Nat Resour*, 2001, **16**(1): 47 – 53.
- [17] 欧阳芳. 昆虫的生态服务功能[J]. 应用昆虫学报, 2013, **50**(2): 305 – 310.
OUYANG Fang. Insect ecological services [J]. *Chin J Appl Entomol*, 2013, **50**(2): 305 – 310.
- [18] 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.
- [19] 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.
TIAN Hua. Advances of studies and prospects on insects resources in Henan Province [J]. *Guizhou Agric Sci*, 2009, **37**(9): 113 – 115.
- [20] CHEE Y E. An ecological perspective on the valuation of ecosystem services [J]. *Biolog Conserv*, 2004, **120**(4): 549 – 565.
- [21] 赵景柱, 肖寒, 吴刚. 生态系统服务的物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.
ZHAO Jingzhu, XIAO Han, WU Gang. Comparison analysis on physical and assessment methods for ecosystem services [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2000, **11**(2): 290 – 292.
- [22] SAS INSTITUTE. *SAS/STAT User's Guide, Release 6.12* [R]. Cary (NC): SAS Institute, 1996.
- [23] 白明, 杨星科. 蜣螂的生态价值和保护意义[J]. 应用昆虫学报, 2010, **47**(1): 39 – 46.
BAI Ming, YANG Xingke. Ecological value and conservation significances of dung beetles [J]. *Chin Bull Entomol*, 2010, **47**(1): 39 – 46.
- [24] 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]. *J Econ Entomol*, 1984, **77**(1): 133 – 141.
- [25] GILLARD P. Coprophagous beetles in pasture ecosystems [J]. *J Australian Inst Agric Sci*, 1967, **33**: 30 – 34.
- [26] FINCHER G T. The potential value of dung beetles in pasture ecosystems [J]. *J Georgia Entomol Soc*, 1981, **16**: 301 – 316.