

DOI: 10.5846/stxb201409041753

丁彬, 李学明, 孙学晖, 王仁卿, 张淑萍. 经济发展模式对乡村生态系统服务价值保育和利用的影响——以鲁中山区三个村庄为例. 生态学报, 2016, 36(10): - .

Ding B, Li X M, Sun X H, Wang R Q, Zhang S P. Impacts of economic development models on ecosystem service values: A case study of three mountain villages in Middle Shandong, China. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(10): - .

经济发展模式对乡村生态系统服务价值保育和利用的影响

——以鲁中山区三个村庄为例

丁 彬, 李学明, 孙学晖, 王仁卿, 张淑萍*

山东大学生命科学学院, 济南 250100

摘要: 生态系统服务在不同空间尺度支持人类的生存发展, 人类活动也影响着生态系统服务功能。行政村作为乡村地区社会经济的基本构成单位和典型的自然社会经济复合生态系统, 其经济发展模式对生态系统服务具有重要影响。因此, 以行政村为单位研究经济发展模式对生态系统服务价值保育和利用的影响, 可为优化乡村经济结构, 提升乡村生态系统服务价值提供决策支持。本文以鲁中山区三个地形地貌相似、经济发展模式迥异的毗邻行政村—房干村、富家庄村、安子湾村为研究对象, 依据国际通用生态系统服务分类标准和评估方法, 结合乡村生态系统小尺度特征, 对各村 9 大类共 15 个生态系统服务功能指标进行了价值评估, 并结合各村产业结构和土地利用特点, 分析了经济发展模式对生态系统服务价值保育和利用的影响。结果表明: 以生态旅游为主导的房干村生态系统服务功能价值总量最大, 为 10,382.1 万元/年; 以养殖业为主导的富家庄村次之, 为 1,203.1 万元/年; 以种植业为主导的安子湾村最低, 为 1,191.9 万元/年; 单位面积(公顷)生态系统服务价值量也呈现相似的格局, 房干村、富家庄村、安子湾村分别为 8.8 万元/年、5.9 万元/年、3.7 万元/年; 经济发展模式通过影响土地利用影响生态系统服务价值积累和利用, 进而影响人均经济收入和从生态系统服务获得的福利。因此, 在乡村尺度合理布局土地利用类型, 适度发展乡村旅游等低影响产业, 有利于保育和提升生态系统服务价值, 提高乡村经济收入, 实现乡村环境和经济社会的持续发展。

关键词: 生态系统服务; 价值评估; 经济发展模式; 乡村尺度; 土地利用; 产业结构; 经济收入

Impacts of economic development models on ecosystem service values: A case study of three mountain villages in Middle Shandong, China

DING Bin, LI Xueming, SUN Xuehui, WANG Renqing, ZHANG Shuping*

Institute of Ecology and Biodiversity, School of Life Sciences, Shandong University, Jinan 250100, China

Abstract: Ecosystem services support the survival and development of human beings at different spatial scales, and, in turn, human activities have an impact on ecosystem services. The administrative villages of rural China, which act as the basic socio-economic units and are typical compound social-economic-natural ecosystems, are facing the challenges of urbanization and rapid development. Ecosystem services at the village scale might be critically affected by the various economic development models that change and further influence human welfare. Exploring the impacts of different economic development models on the conservation and use of ecosystem service values (ESV) at the village scale should support decision making when attempting to raise ecosystem services and human welfare. Interactions between development models and ecosystem services have frequently been highlighted at the global and regional scales, but the ways that development

基金项目: 山东科技发展计划项目(2010GSF10618); “十二五”农村领域国家科技计划课题(2013BAJ10B0403)

收稿日期: 2014-09-04; **网络出版日期:** 2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: spzhang@sdu.edu.cn

models drive ecosystem services, and therefore, human welfare, at such a small scale have been under-reported and are poorly understood. To reveal the impacts of development models on ecosystem services at the village scale, this study considered (1) whether development models can increase or decrease the ESV at the village scale and (2) how development models drive the ESV at the village scale. Three adjacent villages in the Middle Shandong area of China, which had similar natural surroundings but different development models, were considered for this case study. We used the Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) and other proven evaluation methods to assess the values of 15 classes of ecosystem service functions and/or products belonging to nine categories that were present in rural ecosystems. We also analyzed the impacts of different economic development models on the conservation and application of ESV by combining industrial structure and land use patterns in the three villages. The results showed that Fanggan Village, dominated by ecotourism, had the largest ESV at RMB 103,821,000 per year; Fujiazhuang, where livestock were a feature, had the second largest ESV at RMB 12,031,000 per year; and Anziwan, characterized by crop production, had the lowest ESV at RMB 11,919,000 per year. There was a similar unit area pattern for ESV among the three villages: Fanggan, Fujiazhuang, and Anziwan, with RMB 88,000, 59,000, and 37,000 of ESV per year per hectare, respectively. We concluded that the economic development models affected conservation and application of ESV at the village scale. This was mediated by the change in land use and marketization of ESV, which subsequently influenced average economic income and the ecological welfare provided by the ecosystem services. Thus, optimizing patterns of land use to develop low-impact industries, such as ecotourism, can stimulate conservation and increase ESV and economic income in rural areas, and so sustain the rural environment and socio-economy. In addition, turning more ESV into markets by developing sustainable industries helps balance ESV with local development. We also highlighted the importance of increasing understanding of the interactions between development models, land use, and ESV at the village scale. We noted that some technical problems, including scale transition, indicator framing, and modifications of valuation methods, should be addressed in the future. Our research has provided solid evidence and practical methods that demonstrate the potential impacts of development models on ESV at a village scale, and will help decision makers to avoid decreasing ESV during rapid urbanization and development.

Key Words: ecosystem service; valuation; economic development model; village scale; land use; industrial structure; economic income

生态系统服务在不同空间尺度为人类提供对其生存和发展有支持和满足作用的产品、资源和环境,它源于生态系统的过程和组分,能够为人类直接或间接的利用。生态系统服务价值是衡量生态系统对人类服务能力大小的指标,它体现了生态系统对人类的贡献度以及人类从生态系统中的收益度^[1]。

随着生态学家对生态系统服务功能对人类生存环境作用的认识加强,联合国启动了《千年生态系统评估》,以通过全球范围的生态系统服务功能评估为经济社会决策提供支持。而自 1997 年 Costanza 等以货币形式对全球生态系统服务功能价值进行评估以来,生态系统的价值评估逐渐成为现代生态学的研究热点之一^[2]。基于对生态系统服务功能、过程和服务的全面理解^[3],一个国际通用的生态系统服务分类标准体系初步形成^[4]。近 20 a 来,关于生态系统服务功能的研究主要集中在全球或区域生态系统服务价值评估,流域尺度生态系统价值评估,单个生态系统价值评估,物种和生物多样性保护价值评估四个方面^[5]。近 10 a 来,生态系统服务价值评估研究的重点开始转向生态系统服务对居民生计和福祉的影响以及人类活动和政策对生态系统服务价值的影响^[6-7],以流域和区域尺度的研究较多^[8-9],较少在乡村尺度开展的相关研究多针对某一类型的生态系统服务评估或对人类福利的影响^[10-13]。

目前我国农村地区实行土地集体所有制,经济形式以合作经济为主、多种经济形式、多种经营方式并存,行政村既是农村地区社会经济的基本构成单位,同时也是重要的自然社会经济复合生态系统。然而,当前快速城镇化趋势下,乡村也面临诸如空心化尤其是精英阶层的缺失等挑战。而且,乡村在快速城镇化背景下对

于区域发展、生态与粮食安全的重要性更加凸显^[14]。在新型城镇化的政策驱动和大背景下,乡村发展和生态环境面临转型升级的挑战和潜在的巨大变化。而生态系统服务是保障乡村经济可持续发展和环境健康的重要前提和基础^[15-17],乡村产业活动又是生态系统服务变化的主要驱动力^[8,18]。因此,识别乡村经济发展模式对生态系统服务价值保护和利用的影响,不仅有助于优化产业布局,防止生态破坏,促进可持续性发展,也可为新农村建设规划提供参考。

本文以地处鲁中山区的山东省莱芜市房干村、富家庄村、安子湾村三个村庄为例,依据国际通用分类标准和评价方法,结合乡村特点进行优化调整,选取对乡村经济和环境具有重要支持作用的生态系统服务功能作为评价指标,对各项功能价值分别进行了评估,并结合三个村庄经济发展模式和生态系统服务价值的差异进行了比较分析,探讨了两者之间的联系,以期为乡村可持续发展和产业与环境规划提供生态系统服务角度的技术参考。

1 研究区域概况

本研究以山东省莱芜市房干村、富家庄村、安子湾村为研究对象。三个村地理位置毗邻,地处 117°26'E, 36°26'N 附近(图 1)。区域气候为典型的暖温带大陆性季风气候,四季分明,雨热同期,年平均气温 12℃左右,年降雨量 750 mm 左右,无霜期约为 200 d。地形以山地、丘陵为主,为泰山山脉余脉,土壤平均厚度 30 cm。本区的主要树种有刺槐、侧柏、黑松、麻栎、核桃、板栗、山桃、苹果、杏、山楂、黄榆、白蜡、紫穗槐、连翘、构树等。

建国初期,三个村均以种植业为主,经济水平相仿。从上世纪 70 年代开始,政府鼓励植树造林、绿化荒山,三个村开展植树造林,其中房干村效果显著。到 1995 年,随着环境的改善,房干村建立了生态旅游区,着力发展乡村生态旅游及配套餐饮、住宿等服务业;富家庄积极发展养殖业,貂、柴鸡等养殖企业已初具规模;安子湾村仍以种植业为主,加大种植业投入,除了种植小麦、玉米传统的粮食作物,也大量种植生姜、大蒜、桃、杏、山楂、苹果、核桃、板栗、花椒等经济作物。三个自然生态环境相似的行政村逐步形成了不同的经济发展模式(表 1)。

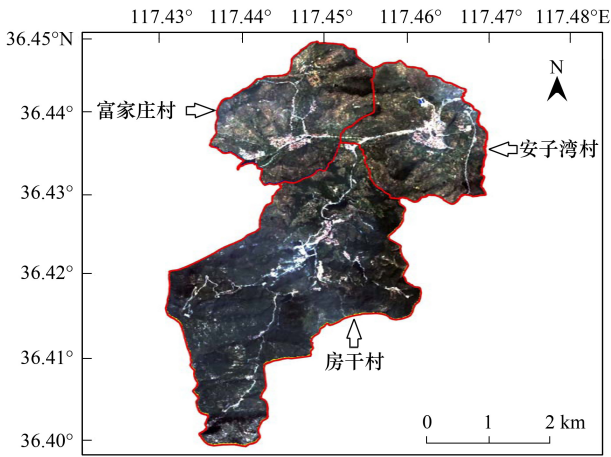


图 1 研究区域地理位置

Fig.1 The geographical location of the investigated area

表 1 3 个村庄自然社会经济概况

Table 1 Basic information of natural-socio-economic economy of the investigated three villages

村庄 Villages	地形 Topography	村域面积/公顷 Area of village	户籍人口 Registered population	主导产业 Dominant industries
房干村 Fanggan village	低山	1179	579	旅游业
富家庄村 Fujiazhuang village	丘陵	204	1016	养殖业
安子湾村 Anziwan village	低山	326	868	种植业

2 生态系统服务价值评估方法

2.1 土地利用、产业结构和经济收入调查

我们于 2012 年 2 月分别对 3 个村庄村委会和每村 20 个农户进行了调研访问。从村委会 2011 年统计数据调取了各村土地利用类型与面积、产业结构及从业户数、年经济收入及其构成,根据国家土地利用现状分类标准(GB/T 21010—2007)^[19]的分类方法,按照一级用地分类对三个村庄的主要用地类型和面积进行了统

计分析。通过居民户调研获取了农户水平获取生态系统服务价值的类别、数量和形式以及主要作物、果品单产和售出价格等数据,用于指标体系的构建和相应类别生态系统服务的核算。

2.2 评价指标选取

本文结合 Costanza^[1]、de Groot^[3] 和 CICESV43^[20] 的分类方法,同时参考国内学者的研究结果^[21],对照城市生态系统服务价值评估,针对乡村生态系统以农林业的第一产业为主、结构简单、与土地密切等特点和乡村社会经济对生态系统服务的重点需求,选取提供生物质产品、气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、废弃物处理和养分循环、生物多样性保护、娱乐文化、科研教育等 9 大类 15 种生态系统产品和服务功能作为评价指标(表 2)。

表 2 乡村尺度生态系统服务价值评估指标框架

Table 2 The indicator framework of ecosystem service valuation at village scale				
生态系统服务类型 Ecosystem service category	生态系统产品或服务功能 Ecosystem products/ functions	内容 Specifics	备注 Remarks	市场化属性 Marketization
供给服务 Provisioning	01 提供生物质产品	木材蓄积	山林林木蓄积年增长量	是
		提供生物质产品	当地耕地、园地等提供粮食、蔬菜、水果、干果的量	是
支持与调节服务 Support and Regulation	02 气体调节	吸收 CO ₂		非
		释放 O ₂		非
		吸收 SO ₂		非
		滞留粉尘		非
	03 气候调节	调节小气候	乡村夏季局部降温、增湿、增雨效应	非
	04 水源涵养	涵养水源	生态系统调蓄水源总量	非
	05 土壤形成与保护	保持土壤肥力	通过减少土壤侵蚀保持当地的土壤肥力和减少泥沙淤积	非
		减少泥沙淤积		非
	06 废弃物处理与营养循环	固体废弃物分解	生态系统降解的固体废弃物量	非
		生活污水净化	生态系统净化当地居民的生活污水量	非
文化服务 Culture services	07 生物多样性保护	维持生物多样性		非
	08 娱乐休闲	生态旅游	当地生态旅游、农业旅游的年收入	是
	09 科研教育	科研价值	研究机构在当地的年科研投入	是

2.3 生态系统服务价值评估方法

各项生态系统服务功能或产品价值的评估方法、计算公式、参数取值和参考文献见表 3。部分方法和公式根据乡村特点微调,参数取值结合参考文献和实地调查、访问获得。

3 结果与分析

3.1 土地利用及产业结构特点

三个村自然条件和地形地貌相似,但用地类型组成有明显差异,经济发展模式各有特点。从土地利用组成来看,房干村总面积大,林地最多,耕地最少。富家庄村和安子湾村总面积小,林地比重和数量均小于房干村,耕地比重和绝对数量均大于房干村。三个村均有 5%—10% 左右的水域用地(图 2)。从村庄主要产业和居民从业户数来看(图 3),从事种植业的户数在三个村中都占第一位,但安子湾户数最多,约为 96%,主要种植生姜、玉米、小麦和花生;富家庄村次之,约为 70%,当地的主要作物为玉米、小麦和土豆;房干村最低,约为 57%,居民主要种植生姜和玉米。房干村从事旅游业的户数占 25%,从事以山林景观为特色的生态旅游和农业观光旅游。富家庄村从事养殖业的户数占 20%,主要养殖獭兔、鸭、水貂等。

表 3 各项生态系统服务价值计算方法

Table 3 Valuating methods of included ecosystem services

生态系统服务类型 Category	生态系统服务 功能/产品 Products/functions	计算公式(加编号) Numbered Formulas	主要参数解释 Parameter explanation	主要参数取值 Parameter value	参考文献 References
01 提供生物质产品 Provisioning	木材蓄积	$V_t = (A_c \times S_c + A_b \times S_b + A_m \times S_m) \times P_l \times Gr$ (1)	A_c, A_b, A_m 分别为针叶林、阔叶林、针阔混交林的面积极; S_c, S_b, S_m 分别为单位面积针叶林、阔叶林、针阔混交林蓄积活立木的量; Gr 为活立木年增长率; P_l 为原木的价格;	S_c 为 $34.34 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, S_b 为 $31.26 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, Gr 采用山东省昆崙山的相关数据,按照 6% 计算, P_l 按 850 元/ m^3 计算	[2]
	提供生物质产品	$V_p = Q - P$ (2)	V_p 为生态系统提供的生物质产品的价值, Q 为该生态系统提供的总产值, P 为该生态系统的成本;		
02 气体调节 Gas regulation	吸收 CO_2	$A_{\text{CO}_2} = M \times 1.63 \times (12/44) \times PC$ (3)	A_{CO_2} 为生态系统固定 CO_2 的价值; M 为生态系统生物量增长量; PC 为碳税法单价;	PC 按照瑞典碳税率 150 美元/(t(c) 计算, 汇率按照 1 美元 = 6 元人民币, M 采用净初级生产力(NPP), 取山东省 2001 年—2010 年 NPP 的平均值	[2, 22-24]
	释放 O_2	$A_{\text{O}_2} = M \times 1.20 \times P_{\text{O}_2}$ (4)	A_{O_2} 为生态系统固定 O_2 的价值; M 为生态系统生物量增长量; P_{O_2} 为工业制氧单价;		[24-25]
	吸收 SO_2	$V_m = \sum M_i \times W_1$ (5)	V_m 为生态系统对 SO_2 吸收价值总量; M_i 为生态系统年吸收 SO_2 量; W_1 为我国治理二氧化硫排放的平均费用; 参照前人相关研究, 农田的此项价值较其他服务价值较小, 故忽略不计;	W_1 按照 0.6 元/Kg 计算	[26]
	滞留粉尘	$V_s = \sum S_i \times W_2$ (6)	V_s 为生态系统对粉尘滞留价值总量; S_i 为生态系统年滞留粉尘量; W_2 为我国消减粉尘的平均费用; 参照前人相关研究, 农田的此项价值较其他服务价值较小, 故忽略不计;	W_2 按照 0.17 元/Kg 计算	[25]
03 气候调节 Climate regulation	调节小气候	$E_w = S_w \times Q_w \times P_w$ (7)	E_w 为生态系统增加降雨量服务价值, S_w 该类型生态系统面积, Q_w 为单位面积生态系统增加的降雨量, P_w 为我国水库工程成本单价;	P_w 按照 5.714 元/ m^3 计算	[21]
		$E_t = T_t \times P_t \times N_p \times D$ (8)	E_t 为生态系统调节环境温度服务价值, T_t 为生态系统降低环境温度量, P_t 为居民夏季平均降温成本, N_p 为区域内生态系统调节环境温度服务享用人数, D_t 为需要降温天数;		[25]
		$P_t = S_t \times W_t \times H_t \times A_t$ (9)	S_t 为人均住房面积, W_t 为空调降温功率, H_t 为人均使用空调时间, A_t 为研究区域内电价;	A_t 为 0.5469 元/Kwh	
04 水源涵养 Water conservation	涵养水源	$AS = (\sum S_i \times W_i + W_g) \times P_w$ (10)	AS 为生态系统涵养水源价值总量, S_i 为生态系统的面积, W_i 为生态系统单位面积涵养水量, W_g 为冠层截留量, P_w 为我国水库工程成本单价;	P_w 按照 5.714 元/ m^3 计算	[2, 27-28]
		$W_i = W_{ei} - W_d$ (11)	W_{ei} 为生态类型单位面积持水量, W_d 为裸地单位面积持水量;	W_{ei} 取值为针叶林 $120 \text{ t}/\text{hm}^2$, 阔叶林 $527 \text{ t}/\text{hm}^2$, W_d 为 $1540.8 \text{ t}/\text{hm}^2$	

续表

生态系统服务类型 Category	生态系统服务 功能/产品 Products/functions	计算公式(加编号) Numbered Formulas	主要参数解释 Parameter explanation	主要参数取值 Parameter value	参考文献 References
05 土壤形成与保护 Soil formation and retention	保持土壤肥力	$Wg=Q\times R$	Wg 为冠层截留量, Q 为区域内年平均降雨量, R 为森林冠层截留系数;		
		$Ac=Ap-Ar$	Ac 为减少土壤侵蚀量; Ap 为潜在土壤侵蚀量(t/a); Ar 为现实土壤侵蚀量;		
		$Ap=D\times M1$	D 为区域面积; $M1$ 为荒地侵蚀模数;	根据对济南市南部山区森林涵养水源功能的价值评估, $M1$ 为 $60.75\ t\ hm^{-2}\ a^{-1}$;	[23, 29]
		$Ar=D\times M0$	$M0$ 为当前植被覆盖下实际侵蚀模数;	$M0$ 取值为针叶林 $6.41\ t\ hm^{-2}\ a^{-1}$, 阔叶林 $2.80\ t\ hm^{-2}\ a^{-1}$, 草地 $1.5\ t\ hm^{-2}\ a^{-1}$	
		$ES=\sum Ac\times Ci\times Pi$	ES 为保护土壤肥力价值, Ac 为生态系统减少土壤侵蚀量, Ci 为第 i 类营养物质在土壤含量, Pi 为第 i 类营养物质单价;		
06 废弃物处理与营 养循环 Waste treatment and nutrient regulation	减少泥沙淤积	$Ea=0.24\times Ac\times Ca/\rho$	Ea 为减少泥沙淤积价值; Ac 同上; Ca 为水库工程费用; ρ 为泥沙的容重值;	Ca 为 $5.714\ 元/m^3$; ρ 为 $1.20\ t/m^3$	[25, 29]
	固体废物分解	$V=SEP\times P\times M$	V 为生态系统处理废弃物价值, SEP 为年均产生固体废物量, p 为生态区域内人口总数, M 为全国固体废物处理平均单价;	SEP 为 $1.7\ Kg/d$	[30]
	生活污水净化	$S=Vs\times Ps$	S 为生活污水净化价值; Vs 为生活污水排放量; Ps 为我国生活污水处理成本	Ps 为 $0.61\ 元/t$	[31]
07 生物多样性保护 Biodiversity conservation	维持生物多样性	$D=\sum A_i\times D_i$	A_i 为生态系统的面积; D_i 为单位面积生态系统支持生物多样性价值;		[21]
08 娱乐休闲 Recreation	生态旅游		旅游景点的各项收入之和		
09 科研教育 Science and education	科研价值		科研单位在当地的各项财力投入之和		

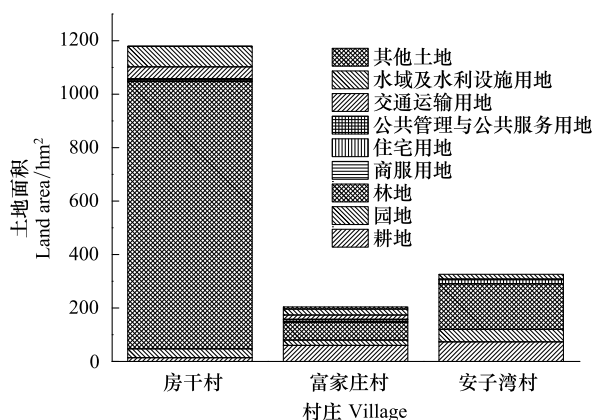


图2 房干、富家庄、安子湾三村土地利用类型组成

Fig.2 The constitutions of land use at Fanggan, Fujiazhaung and Anziwan

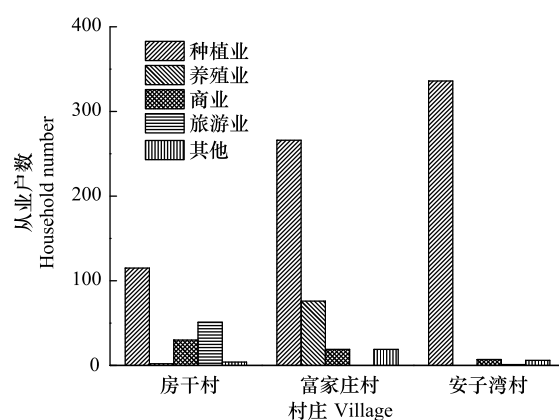


图3 房干、富家庄、安子湾三村主要产业类型及从业户数

Fig.3 The industrial structure and household numbers working with each industry at Fanggan, Fujiazhuang and Anziwan

3.2 生态系统服务功能价值评估

依据生态系统服务分类指标构成及评估方法,对9大类15个生态系统服务产品和服务功能指标进行了量化评估,各村分项评估结果和价值总量如表3。

从生态系统服务价值总量上分析,房干村生态系统服务价值量最大,为10,382.1万元/年,超过1亿元。其次是富家庄村1,203.1万元/年,最少的为安子湾村1,191.9万元/年,略少于富家庄村。各村生态系统服务市场价值和非市场价值比例近似(图4a),大约各占50%。单位面积生态系统服务价值(图4b)房干村最高,为8.8万元 $\text{hm}^{-2}\text{a}^{-1}$;富家庄村次之,为5.9万元 $\text{hm}^{-2}\text{a}^{-1}$;安子湾村最低,为3.7万元 $\text{hm}^{-2}\text{a}^{-1}$ 。

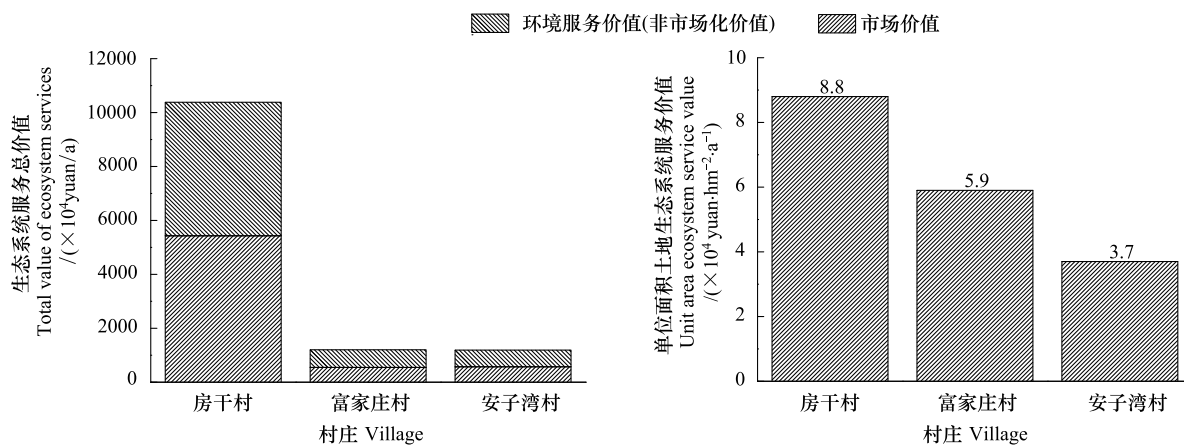


图4 房干、富家庄、安子湾三村生态系统服务总价值构成(a)和单位面积生态系统服务价值(b)比较

Fig.4 The total ecosystem service value composition (a) and unit area ecosystem service value (b) of Fanggan, Fujiazhuang and Anziwan

然而,各村生态系统服务市场价值的构成差别较大(表4),房干村年生态旅游价值为5000万元,约为木材蓄积和生物质产品价值总和的10倍,而富家庄村和安子湾村均以生物质产品价值一项为主,占市场价值的95%。在非市场的环境服务价值中,房干村因为有山东大学生态学科科研基地,科研价值约为20万元/年,而其他两村此项价值为零,房干村的水源涵养、气体调节、气候调节和土壤形成与保持价值约为其他两村同类价值的5—10倍或以上。

3.3 经济收入和居民从生态系统服务中获得的福利

为了增强各村庄之间指标的可比性,统计核算了各村人均经济收入和从生态系统服务中获得的福利。结

果表明(图 5a):房干村人均总收入为 9.3 万元/年,其中旅游业收入约占 95%,种植业收入约占 4%;富家庄人均总收入为 0.5 万元/年,其中养殖业收入占 73%,种植业收入占 23%;安子湾人均总收入 0.6 万元/年,98%来自种植业。人均从生态系统服务中获得福利方面(图 5b),房干村、富家庄村和安子湾村的人均生态系统服务福利分别为 17.9 万元/年、1.2 万元/年、1.4 万元/年,其中直接市场价值和间接环境服务价值的比重大致相当。

表 4 房干、富家庄、安子湾三村主要类型生态系统服务价值

Table 4 The ecosystem system service value of selected categories at Fanggan, Fujiazhuang and Anziwan					
生态系统服务类型 Value category	生态系统产品或服务功能 Ecosystem products /functions	生态系统服务价值(万元/年) Ecosystem service value (×10 ⁴ RMB/a)			市场化 Anziwan
		房干	富家庄	安子湾	
01 提供生物质产品 Provisioning	木材蓄积	178.4	17.6	20.4	是
	提供生物质产品	232	530	550	是
02 气体调节 Gas regulation	吸收 CO ₂	103.2	22	26.8	非
	释放 O ₂	119.6	25.5	31.1	非
	吸收 SO ₂	7.6	0.8	0.8	非
	滞留粉尘	452.2	28	35.8	非
03 气候调节 Climate regulation	调节小气候	697.2	83.4	95.4	非
04 水源涵养 Water conservation	涵养水源	1,631.9	265.1	166.4	非
05 土壤形成与保护 Soil formation and retention	保持土壤肥力	233.3	36.8	44.5	非
	减少泥沙淤积	261.6	41.3	49.9	非
06 废弃物处理与营养循环 Waste treatment and nutrient regulation	固体废弃物分解	2.7	4.8	4.1	非
	生活污水净化	0.3	0.5	0.5	非
07 生物多样性保护 Biodiversity conservation	维持生物多样性	1,442.1	147.3	166.2	非
08 娱乐休闲 Recreation	生态旅游	5,000	0	0	是
09 科研教育 Science and education	科研价值	20	0	0	是
合计		1,0382.1	1,203.1	1,191.9	

以山水景观为特色的生态旅游业在房干村人均经济收入和居民从生态系统服务获得的福利中起到了关键作用,分别占人均市场化生态系统服务价值和人均经济收入的 92%、95%。可见,产业结构优化不仅可以减轻对生态系统的压力,提升生态系统服务价值,而且可以提高对生态系统服务价值的利用效率和转化效率。通过将间接的非市场化的文化服务转化为直接的市场化的生态旅游产品,大大提高了区域经济发展水平和居民收入,改善了居民福利,促进了可持续发展。富家庄村和安子湾村人均从生态系统服务中获得的福利均超过其人均经济收入,而且非市场的环境服务收益略高于市场的生物质产品收益,说明这两个村也有一定的生态系统服务价值涵养能力,有一定的可持续发展潜力。

4 讨论

4.1 经济发展模式与生态系统服务价值、土地利用的关系

研究结果表明,房干村生态系统服务总价值为富家庄和安子湾的 8 倍多,这一方面与房干村土地总面积较大有关,但房干村单位面积土地生态系统服务价值也高于其他两个村庄,分别为富家庄和安子湾的 1.5 倍和 2.4 倍,这与房干村以生态旅游为主要经济发展模式,以生态保护和生态建设为主要生产活动方式有直接关系。在本研究中经济发展模式对生态系统服务价值的影响表现在两个方面,一是乡村居民通过产业结构调整提高生态系统服务价值的市场化利用效率,借助外来消费者的驱动将非市场化的环境调节服务价值转化为生态旅游商品,从而提高生态系统服务的总价值。房干村仅生态旅游一项生态系统服务价值即为 5,000 万元/年,而富家庄和安子湾虽然也有森林、水域、农田、园地提供的环境调节服务价值,却因为没有产业支撑,无

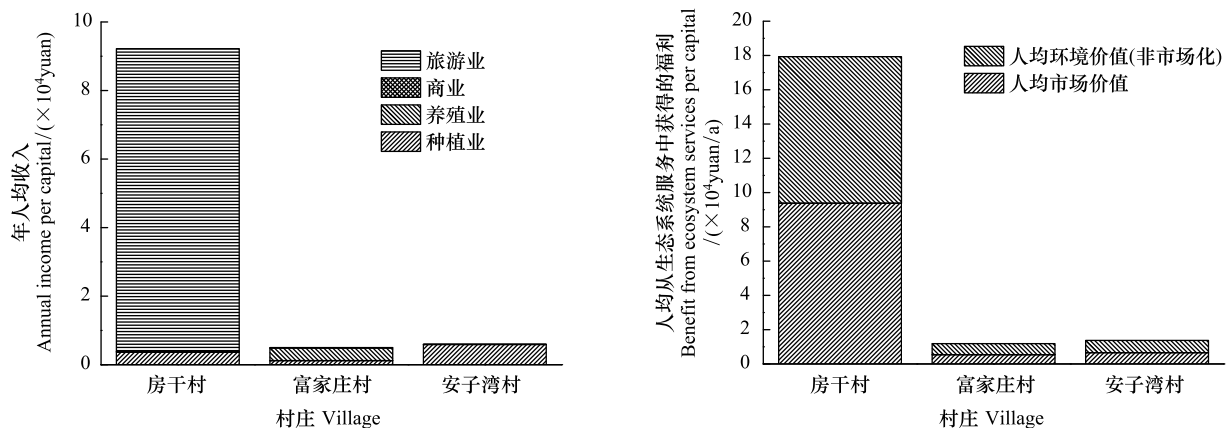


图5 房干、富家庄、安子湾三村人均年收入构成和人均从生态系统服务中获得的福利构成比较

Fig.5 The annual economic income and benefit from ecosystem services per capita at Fanggan, Fujiazhuang and Anziwan

法将其转化为市场价值进入产业收入,为村庄经济发展做出直接贡献。因此,乡村居民通过优化经济发展模式,提高对生态系统服务的利用效率、市场化能力和管理能力,是实现乡村经济与环境协调持续发展的重要环节^[12,32-34];二是乡村居民通过优化经济发展模式,影响土地利用的类型和强度,以土地利用为中介影响生态系统服务价值的涵养量。房干村土地利用中,生态系统服务价值涵养量高的林地比例较大,约为85%,而富家庄和安子湾的林地比例分别为33%、52%。同时,房干村土地利用强度较大的耕地和园地比例和绝对数量均低于富家庄和安子湾,因此,即使扣除市场化生态服务价值,房干村单位面积非市场化生态系统服务价值仍然高于富家庄和安子湾。可见,乡村尺度上生态系统服务价值对土地利用改变的响应非常敏感,与区域尺度上生态系统服务价值对土地利用的响应具有相似的趋势^[8,35-36]。因此,通过优化经济发展模式,增加生态系统服务价值涵养量高的土地利用类型的面积,减轻土地利用的强度,也是提高乡村生态系统服务价值,促进环境经济协调发展的重要途径。

4.2 乡村尺度生态系统服务价值评估的问题

生态系统服务具有强烈的空间尺度特征,这也是限制不同尺度间研究结果转换和应用的难题之一^[37]。乡村特别是行政村作为一个小尺度复合生态系统,其生态系统服务价值类型多样,内部和外部影响因素复杂^[38],通过本研究,我们发现在乡村生态系统服务价值评估中有几个尺度相关的问题需要特别考虑。一是评价指标的筛选,二是评估模型中相关参数和经验值的确定,三是评价方法的校正。由于不同空间尺度上的生态系统服务功能对不同行政尺度上的利益相关方具有不同的重要性^[39],在本研究的指标选取中,即顾及了区域和全球尺度的生态系统服务功能类型,如气体调节、水源涵养、废弃物处理与养分循环,也突出了对乡村及周边区域环境经济具有重要支持功能的提供生物质产品、生态旅游、小气候调节、土壤形成与保护等。特别是小气候调节,在大尺度评估中很少提及,而对本地居民福祉又非常重要,因此,我们用小气候调节指标取代了大中尺度评估中的气候调节指标。对于评估模型中相关参数和经验值的取值,大尺度评估多采用遥感成果或者典型生态系统的经验值^[1,40],而在乡村尺度上生态系统服务价值受影响因素多,空间差异大,我们采用了走访、实测与同区域类似生态系统经验值取代结合的方法。如对农田、园地的生物质产品类型、产量、价格采用了对各村农户走访获取的平均值;对森林林木蓄积量和年增长率以昆崙山同类森林类型统计值替代。尽管如此,由于乡村尺度的空间复杂性,准确评估生态系统服务的方法仍然需要完善。大中尺度上生态系统服务价值评估的模型和方法已经比较完善,而具有小尺度特征的生态系统服务的评价方法还需要探索。本研究借鉴大中尺度气候调节服务价值评估模型,提出了乡村尺度小气候调节服务的评估方法,并进行了尝试性评估。小尺度生态系统服务价值研究是有意义的,尤其是对于基层(如县、乡镇、村)的相关决策。但是针对不同类型生态系统,其研究的最小单元(或生态服务功能的最小单位)应该如何确定,最小单元与行政单元(如行政

村、乡镇、县)之间的管理如何协调?在适宜的尺度上,生态系统服务价值如何可持续地转化为市场价值,也是待研究的重要领域。

4.3 本研究的意义与应用

本研究以鲁中山区三个生态环境条件相似、经济发展模式迥异的三个乡村为例,证实了乡村经济发展模式可以通过优化产业结构提高生态系统服务的市场化水平和影响土地利用组成和强度,提高生态系统服务价值及其对乡村经济的贡献,促进乡村经济与环境持续协调发展。同时,根据乡村尺度生态系统的结构特征和空间属性,对乡村生态系统服务价值评估指标和方法进行了探索。本研究提供了小尺度上生态系统服务价值受经济发展模式和土地利用改变影响的例证和方法参考,对快速城市化背景下构建基于生态系统服务的乡村可持续发展规划,促进生态系统服务价值保育和提升,防止新的生态破坏,实现乡村经济和环境协调发展具有指导和借鉴价值。建议未来研究中继续优化完善小尺度生态系统服务价值评估方法,为城乡一体化进程中和新农村建设中,基于生态系统服务的生态系统管理决策提供可靠支持。

参考文献 (References):

- [1] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [2] 王玉涛, 郭卫华, 刘建, 王淑军, 王琦, 王仁卿. 昆崙山自然保护区生态系统服务功能价值评估. *生态学报*, 2009, 29(1): 523-531.
- [3] De Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 393-408.
- [4] Haines-Young R, Potschin M. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): 2011 Update. Nottingham: Report to the European Environmental Agency, 2011.
- [5] 赵军, 杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展. *生态学报*, 2007, 29(1): 346-356.
- [6] 王大尚, 郑华, 欧阳志云. 生态系统服务供给、消费与人类福祉的关系. *应用生态学报*, 2013, 24(6): 1747-1753.
- [7] Zheng H, Robinson B E, Liang Y C, Polasky S, Ma D C, Wang F C, Ruckelshaus M, Ouyang Z Y, Daily G C. Benefits, costs, and livelihood implications of a regional payment for ecosystem service program. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, 110(41): 16681-16686.
- [8] 李屹峰, 罗跃初, 刘纲, 欧阳志云, 郑华. 土地利用变化对生态系统服务功能的影响——以密云水库流域为例. *生态学报*, 2013, 33(3): 726-736.
- [9] 张宏锋, 欧阳志云, 郑华, 肖赓. 玛纳斯河流域农田生态系统服务功能价值评估. *中国生态农业学报*, 2009, 17(6): 1259-1264.
- [10] 尹飞, 毛任钊, 傅伯杰, 刘国华. 农田生态系统服务功能及其形成机制. *应用生态学报*, 2006, 17(5): 929-934.
- [11] 岳东霞, 杜军, 巩杰, 降同昌, 张佳静, 郭建军, 熊友才. 民勤绿洲农田生态系统服务价值变化及其影响因子的回归分析. *生态学报*, 2011, 31(9): 2567-2575.
- [12] 高虹, 欧阳志云, 郑华, Bluemling B. 居民对文化林生态系统服务功能的认知与态度. *生态学报*, 2013, 33(3): 756-763.
- [13] Liebenow D K, Cohen M J, Gumbrecht T, Shepherd K D, Shepherd G. Do ecosystem services influence household wealth in rural Mali? *Ecological Economics*, 2012, 82: 33-44.
- [14] 张富刚, 刘彦随. 中国区域农村发展动力机制及其发展模式. *地理学报*, 2008, 63(2): 115-122.
- [15] 崔和瑞. 基于循环经济理论的区域农业可持续发展模式研究. *农业现代化研究*, 2004, 25(2): 94-98.
- [16] Gutman P. Ecosystem services: Foundations for a new rural-urban compact. *Ecological Economics*, 2007, 62(3/4): 383-387.
- [17] Salvati L, Carlucci M. The economic and environmental performances of rural districts in Italy: Are competitiveness and sustainability compatible targets? *Ecological Economics*, 2011, 70(12): 2446-2453.
- [18] Pfeifer C, Sonneveld M P W, Stoorvogel J J. Farmers' contribution to landscape services in the Netherlands under different rural development scenarios. *Journal of Environmental Management*, 2012, 111: 96-105.
- [19] Deng Y C, Yu Z, Liu S. A review on scale and siting of wind farms in China. *Wind Energy*, 2011, 14(3): 463-470.
- [20] Haines-Young R, Potschin M. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December, 2012. Nottingham: Report to the European Environmental Agency, 2013.
- [21] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑度, 李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189-196.
- [22] 侯英雨, 柳钦火, 延昊, 田国良. 我国陆地植被净初级生产力变化规律及其对气候的响应. *应用生态学报*, 2007, 18(7): 1546-1553.

- [23] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
- [24] 钞振华, 张培栋, 王旭峰, 钱金波. 近 10 年来山东区域 NPP 时空变化分析. 草业科学, 2013, 30(6): 829-835.
- [25] 余新晓, 鲁绍伟, 靳芳, 陈丽华, 饶良懿, 陆贵巧. 中国森林生态系统服务功能价值评估. 生态学报, 2005, 25(8): 2096-2102.
- [26] 唐衡, 郑渝, 陈阜, 杨立国, 张海林, 孔箐铤. 北京地区不同农田类型及种植模式的生态系统服务价值评估. 生态经济, 2008, (7): 56-59.
- [27] 陈鹏. 厦门湿地生态系统服务功能价值评估. 湿地科学, 2006, 4(2): 101-107.
- [28] 李红云, 杨吉华, 夏江宝, 吕爱霞, 鲍玉海. 济南市南部山区森林涵养水源功能的价值评价. 水土保持学报, 2004, 18(1): 89-92.
- [29] 夏江宝, 杨吉华, 李红云, 鲍玉海, 吕爱霞. 山地森林保育土壤的生态功能及其经济价值研究——以山东省济南市南部山区为例. 水土保持学报, 2004, 18(2): 97-100.
- [30] 谢冬明, 王科, 王绍先, 严岩, 邓红兵. 我国农村生活垃圾问题探析. 安徽农业科学, 2009, 37(2): 786-788.
- [31] 原培胜. 污水处理厂处理成本分析. 环境工程, 2008, 26(2): 55-57.
- [32] Fisher J A, Patenaude G, Giri K, Lewis K, Meir P, Pinho P, Rounsevell M D A, Williams M. Understanding the relationships between ecosystem services and poverty alleviation: A conceptual framework. Ecosystem Services, 2014, 7: 34-45.
- [33] Heubach K, Wittig R, Nuppenau E A, Hahn K. The economic importance of non-timber forest products (NTFPs) for livelihood maintenance of rural west African communities: A case study from northern Benin. Ecological Economics, 2011, 70(11): 1991-2001.
- [34] 张永民. 生态系统服务研究的几个基本问题. 资源科学, 2012, 34(4): 725-733.
- [35] Mendoza-González G, Martínez M L, Lithgow D, Pérez-Maqueo O, Simonin P. Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico. Ecological Economics, 2012, 82: 23-32.
- [36] Li T H, Li W K, Qian Z H. Variations in ecosystem service value in response to land use changes in Shenzhen. Ecological Economics, 2010, 69(7): 1427-1435.
- [37] Hein L, van Koppen K, de Groot R S, van Ierland E C. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. Ecological Economics, 2006, 57(2): 209-228.
- [38] Laterra P, Orúe M E, Booman G C. Spatial complexity and ecosystem services in rural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2012, 154: 56-67.
- [39] 张宏锋, 欧阳志云, 郑华. 生态系统服务功能的空间尺度特征. 生态学杂志, 2007, 26(9): 1432-1437.
- [40] Konarska K M, Sutton P C, Castellon M. Evaluating scale dependence of ecosystem service valuation: a comparison of NOAA-AVHRR and Landsat TM datasets. Ecological Economics, 2002, 41(3): 491-507.