

黄土丘陵沟壑区农业生态系统服务的 物质质量及价值量评价

郝仕龙¹, 李春静¹, 李壁成²

(1 华北水利水电学院 资源与环境学院, 郑州 450011; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 黄土丘陵沟壑区农业生态系统服务功能对区域环境具有重要意义。以固原市上黄试区为例, 采用物质质量及价值量的评价方法, 对上黄试区农业生态系统服务功能进行了评价, 结果表明: 1982 年, 上黄试区农业生态系统服务的物质总量为 959.1 t, 其中农作物物质总量达 600.9 t, 占总物质质量的 62.7%, 到 2005 年农业生态系统服务物质总量达到 2 581.9 t, 增长了 197.35%。其中农作物、森林、牧草及果业的物质质量分别为 689.4、449.3、1306.3、406.9 t。1982 年农业生态系统服务的价值总量为 15.86 万元, 其中农作物为 12.70 万元, 占总价值的 80.07%, 2005 年农业生态系统服务的价值总量为 127.61 万元, 其中农作物、森林、牧草及果业的价值量分别为 29.11、1.01、36.58、60.91 万元。农业生态系统服务物质质量及价值量的提高表示农业生态系统服务功能得到增强, 农业生产模式也从传统农作物生产为主转为农、林、牧及果业复合的生态农业生产模式。

关键词: 黄土丘陵沟壑区; 农业生态系统; 物质质量; 价值量

中图分类号: S181

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)05-0163-04

Assessment on Mass and Value for Agro-ecosystem Services in Loess Hilly and Gully Region

HAO Shi-long¹, LI Chun-jing¹, LI Bi-cheng²

(1. Department of Geotechnical Engineering, North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450008, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The functions of agro-ecosystem services is very important for local environment, especially in loess hilly and gully region. This paper, using data from Shanghuang valley of fragile loess hilly-gully region, and with the methods of mass and value assessment, analyzed the function of agro-ecosystem services. The results show that the total mass of agro-ecosystem services are 959.1 t in 1982, while the mass of crops is 600.9 t, which occupy 62.7% of that, however it reaches 2 581.9 t, which increases 197.35%, and the mass of crops is 689.4 t, which occupies only 24.17% of all the mass, while the forest, pasture, and fruit separately reaches 449.3, 1 306.3, 406.9 t. The value of agro-ecosystem service is 158.6 thousand Yuan, among it, the crop reaches 127.0 thousand Yuan, which occupies 80.07% of total value, however, which reaches 1 276.1 thousand Yuan, the value of crop, forest, pasture and fruit separately reaches 291.1, 10.1, 365.8 and 609.1 thousand Yuan. The function of agro-ecosystem service increased so much, the mode of agricultural production changes from single-crop farming to multiple agriculture.

Key words: Loess hilly and gully region; agro-ecosystem; mass; value

生态系统服务一般指自然生态系统及其所属物种支撑和人类生存的条件和过程^[1], 1997 年 Holdren 和 Ehrlich 首次指出“生态系统服务”的概念以来^[2], 许多

生态学者和经济学家开始对全球或区域生态系统的服务功能和价值进行了评价研究^[3-9], 对生态系统服务的评价方法主要有两类, 一类是物质质量评价法, 另一类是

收稿日期: 2010-06-19

资助项目: 华北水利水电学院水土保持重点学科项目基金

作者简介: 郝仕龙(1972-), 男, 江西永修人, 博士, 主要研究方向: 土地利用/土地覆被及“3S”研究等。E-mail: haoshilong24@163.com

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

价值量评价法。物质质量评价法主要是从物质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评价。量化研究与分析生态系统自组织过程的行为与功能,评估和模拟生态系统的行为模式及发展方向,对确定生态系统在社会经济发展中的贡献和作用及其对干扰的反应都具有十分重要的意义。

黄土高原丘陵沟壑区是我国典型的农牧交错区和生态环境脆弱区,资源和环境问题一直是困扰该区稳定发展的瓶颈,受到人类认识水平,科技水平和经济发展水平的局限,农业生态系统结构的变动有时带有盲目性和不合理性,这种盲目性和不合理性造成农业资源的浪费和破坏,以及系统自我维持能力的下降,从而使经济效益下降^[10]。而这一矛盾导致的直接后果是系统生产力水平低下,以往的经济学或生态学方法并不能清楚地分析资源环境的利用与保护及其相互作用的本质关系。而生态系统服务的物质质量及价值量评估为解决这一问题提供了很好的工具。

1 研究地域、数据来源及研究方法

1.1 研究区概况

固原上黄试验区位于宁夏南部黄土丘陵沟壑区的河川乡上黄村,土地总面积 7.61 km²,属暖温带半干旱区。海拔 1 534.3~1 822 m,年平均降水 420 mm,干燥度 1.55,年日照时数 2 518 h,年平均气温 6.9℃,≥10℃积温 2 350℃,无霜期 155 d,现有农户 111 户,519 人,回民、汉民村各一个,其中回民占 24.6%,人均土地 1.47 hm²,人均耕地 0.15 hm²。

1.2 数据来源

(1) 土地利用数据。1982 年由宁夏测绘局绘制的 1:1 万地形图,主要是农地规划和农田基本建设用图,农、林、草地等地类界线在图中都已标明,因而是比较理想的地理底图和土地利用信息源。以此图为基础,并通过查阅试区“六五”前期资料和农户调查,核对了土地利用历史,编制了 1982 年土地利用图,以此作为试区建点时和“六五”前期的工作基础。“七五”期间,开展了航空遥感监测试验研究,分别于 1987 年和 1990 年进行了彩红外摄影,并编制了土地利用图等专题图件,“八五”又进行了地面补充调查,编制了试区土地利用图件,制图比例尺为 1:1 万。“九五”利用 1995 年彩红外航空摄影像片为信息源,采用 4D 技术,编制了试区彩红外正射影像图,进行了土地利用图件的编制实验研究,提高了精度与速度。“十五”后期在“九五”的基础上,对土地利用进行了全面的调查,掌握了土地利用动态变化情况。

(2) 农村社会经济数据。在研究期间内,该试区不同时期的社会经济数据主要来源于参与式农村评估方法(Participatory Rural Appraisal, PRA),获得不同时期该试区家庭经济状况、人口数量、粮食生产、收入变化等相关数据。

(3) 综合治理措施及其效益。根据试区不同时期的综合治理研究报告,主要有不同时期的综合治理措施,及这些措施的生态、经济及社会效益的变化。

1.3 研究方法

(1) 物质质量

$$Q(t) = [Q_1(t), Q_2(t), \dots, Q_n(t)] \quad (1)$$

$$Q(t + \Delta t) = [Q_1(t + \Delta t), Q_2(t + \Delta t), \dots, Q_n(t + \Delta t)] \quad (2)$$

式中: $Q(t)$ —— t 时间生态系统提供的总服务; $Q_n(t)$ —— 生态系统在 t 时刻提供的第 n 种服务; n —— 服务种类; t —— 某一时间; Δt —— 时间增量; $Q(t + \Delta t)$ —— 生态系统在 $(t + \Delta t)$ 时间提供的总服务; $Q_n(t + \Delta t)$ —— 生态系统在 $(t + \Delta t)$ 时刻提供的第 n 种服务。

如果 $Q_n(t + \Delta t) \geq Q_n(t)$ ($\Delta t \geq 0$), 那么认为该生态系统是处于比较理想的状态。

(2) 价值量

$$P(t) = [P_1(t), P_2(t), \dots, P_i(t)] \quad (3)$$

$$v(t) = Q(t) \times P'(t) \quad (4)$$

式中: $P(t)$ —— 生态系统服务在 t 时间的价格向量; $P_i(t)$ —— 第 i 种服务在 t 时间的价格 ($i = 1, 2, \dots, n$); $v(t)$ —— 生态系统在 t 时间服务的价值量, 如果 $v(t + \Delta t) > v(t)$, 说明该生态系统处于比较理想的状态。

2 结果与分析

2.1 物质质量分析

上黄试区农业生态系统不同时期物质质量变化情况如表 1 所示, 根据公式(1)和(2), 该试区农业生态系统服务功能的物质质量主要由农作物、森林、牧草及果业构成。研究初期, 该试区农业生态系统服务所产生的物质总量为 959.1 t, 到 2005 年达到 2851.9 t, 增长了 197.35%。其中农作物、森林、牧草及果业物质质量分别从 1982 年的 600.9, 14, 342.6, 1.6 t 增长到 2005 年的 689.4, 449.3, 1 306.3, 406.9 t。

从 1982 年上黄试区农业生态系统服务的物质质量构成来看, 农作物物质质量所占比重较大, 占总物质质量的 62.7%, 其次是牧草, 占 35.7%, 森林及果业所占比重较少, 分别为 1.5% 和 0.17%。2005 年, 上黄试区农作物、牧草、森林及果业物质质量比重分别为 24.2%, 15.8%, 50.6%, 14.2%。研究期间内, 该试区农业生态系统服务的物质质量农作物比重所占下降

了 38.5%, 而牧草、森林及果业物质质量分别上升了 14.9%、13.3%、14%。从该试区农业生态系统服务

的物质质量变化来看, 说明上黄试区农业生态系统服务功能处于比较理想的状态。

表 1 上黄试区不同时期农业生态系统服务物质质量变化

农业初级 生产力		面积/hm ²		平均单产/ (kg·hm ⁻²)		产量/t		秸秆总产/t		物质总量/t	
		1982	2005	1982	2005	1982	2005	1982	2005	1982	2005
农作物	小麦	165.0	49.8	450	2514	74.3	125.2	148.5	250.4	222.8	375.6
	玉米	8.9	10.8	4050	6793	36.0	73.4	72.1	146.7	108.1	220.1
	马铃薯	15.1	3.8	2250	4174	34.0	15.9	68	31.7	101.9	47.6
	荞麦	6.7	0.7	499	1125	3.3	0.8	6.7	1.6	10.0	2.4
	莜麦	6.7	0.7	654	1099	4.4	0.8	8.8	1.5	13.1	2.3
	糜子	9.6	1.4	1807	3000	17.3	4.2	34.7	8.4	52.0	12.6
	谷子	2.1	0.7	2250	3000	4.7	2.1	9.5	4.2	14.2	6.3
	碗豆	2.0	0.4	788	1363	1.6	0.5	3.2	1.1	4.7	1.6
	扁豆	2.0	0.6	762	1098	1.5	0.7	3.0	1.3	4.6	2.0
	油料	61.8	10.5	375	600	23.2	6.3	46.4	12.6	69.5	18.9
森林	灌木林	4.0	180.3	1987	2100	7.9	378.6	—	—	7.9	378.6
	疏林地	5.1	50.8	1125	1125	5.7	57.2	—	—	5.7	57.2
	乔木林	0.2	7.2	1875	1875	0.4	13.5	—	—	0.4	13.5
牧草	人工草	5.0	200.4	3750	5925	18.8	1187	—	—	18.8	1187.4
	天然草	369.6	135.7	876	876	323.8	118.9	—	—	323.8	118.9
果业	梨	0	10.7	0	37500	0.0	401.3	—	—	0.0	401.3
	葡萄	0.1	0.1	450	5250	0.0	0.5	—	—	0.1	0.5
	苹果	0.2	0.1	3000	15000	0.6	1.5	—	—	0.6	1.5
	杏	0.1	0.2	9000	18000	0.9	3.6	—	—	0.9	3.6

2.2 价值量分析

生态系统服务价值量是根据公式(3)及(4)来计算, 其中农作物的价值量(除秸秆物质质量)及果业的价值量是根据各物质的物质质量与相应价格的乘积来计算; 而农作物秸秆、灌木林、疏林地、牧草的价值量是根据其转换效能来计算, 把这些物质质量转换成标准羊单位, 根据不同物质的转换效能分别计算; 乔木林的价值是根据木材的价格来计算。根据“九五”时期研究成果, 平均 1.4 t 的牧草可转换成一个标准羊单位, 而每吨秸秆可转换为 0.93 个羊单位。经计算上黄试区 1982 年农业生态生态系统服务的价值总量为 15.86 万元, 相应的农作物、森林、牧草及果业的价值量分别为 12.70、1.52、1.44、0.20 万元, 而 2005 年农业生态系统服务的价值总量为 127.61 万元, 相应的农作物、森林、牧草及果业的价值量分别为 29.11、1.01、36.58、60.91 万元。

从上黄试区农业生态系统服务的价值量来看, 1982 年该试区经营方式以传统农业为主, 占总价值量的 80.07%, 而森林、牧草及果业所占经济份额相对较小。2005 年, 试区经过农业结构调整, 农业生产发生较大的变化, 传统农业的绝对优势已不存在, 果业在该试区经济结构中占据重要地位, 占农业生态系统服务价值总量的 47.73%。传统农业及牧草并重

的发展趋势, 并分别占农业生态系统服务价值总量的 22.81% 和 28.67%。上黄试区 2005 年农业生态系统服务价值总量是 1982 年农业生态系统服务的价值是 7.05 倍, 从农业生态系统服务的价值量角度来看, 表明上黄试区农业生态系统服务功能处于比较理想的状态, 经济效益显著。

3 农业生态系统服务的优化措施

上黄试区自 1982 年以来, 对该试区农业生态系统服务功能进行了多次调整, 主要措施包括土地利用结构调整、农作物品种的引种、果业品种的选育、引导农民投入变化、建设基本农田、人工种草及退耕还林还草等(图 1)。

(1) 土地利用结构调整。①耕地总量减少, 质量得到提高。1982 年上黄试区耕地面积为 279.9 hm², 到 2005 年耕地面积减少到 79.4 hm², 整个研究期间内共减少 200.5 hm², 在耕地中坡耕地变化最为明显, 在整个研究期间坡耕地共减少 206.6 hm², 耕地变化的方向主要是耕地向园地、林地及草地转变; ②园地变化。园地在试区主要是指果园, 果园面积变化的特点是在整个研究期间内表现不断增长的态势。研究初期, 上黄试区果园面积只有 0.4 hm², 2005 年试区果园面积为 11.1 hm², 增长了 26.8 倍; ③林草

地变化。研究初期,上黄试区林草覆盖度为 50.45%, 2005 年达到 75.48%, 整个研究期间内提高了 25.03%。林地增加明显, 1982 年上黄试区林地面积仅为 9.3 hm^2 , 2005 年林地面积达到 229.0 hm^2 , 23 a 间共增加了 219.7 hm^2 , 增加了 23.6 倍。草地面积总体变化不大, 但其内部结构性变化显著, 主要表现为人工草地的大量增加和天然草地的急剧减少, 研究初期, 上黄试区人工草地面积仅为 5.0 hm^2 , 2005 年增长到 275.5 hm^2 , 而天然草地面积从 1982 年的 369.6 hm^2 减少到 2005 年的 60.0 hm^2 。

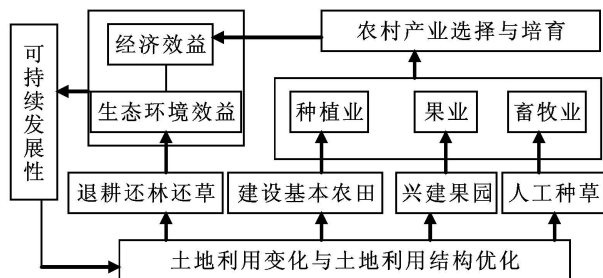


图 1 上黄试区农业生态系统服务功解调查模式

(2) 引选抗旱耐寒、优质高效的良种。上黄试区干旱少雨, 冬冷春寒, 因此, 不断引选抗旱耐寒的优质高效作物良种, 是该试区农业持续发展的重要措施。研究期间内, 上黄试区共引进小麦、玉米、马铃薯、谷子、豆类、荞麦及油料等作物优良品种 43 个, 经过品种的比较, 鉴选出的冬小麦良种宁冬一号、陇鉴 127、西峰 20 等, 鉴选的玉米中早熟品种有户单 4 号、中单 2 号、掖单 13, 鉴选的脱毒马铃薯品种有津引 1 号、7 号、大白花, 鉴选的胡麻优良品种有宁亚 10 号、蒙亚 8 号等。

筛选出的主要优新果树良种有 25 个, 主要有梨品种系列: 早酥、七月酥、八月酥、八月红等, 杏品种系列: 红梅杏、华县大接杏等; 苹果品种系列: 藤木 1 号、红嘎拉、早捷等; 葡萄品种系列: 乍娜、京亚等。

(3) 增加肥料投入。肥力是发展高效生态农业的基础, 又是有效利用土壤储水和提高作物水分利用效率的重要手段。长期以来, 上黄试区由于植被稀疏、广种薄收, 滥垦滥牧, 水土流失严重, 造成土壤贫瘠, 加之畜牧业发展滞后, 有机肥供应不足, 因而农业生产率低下。1982 年, 上黄试区肥料投入总量为 22.0 kg/hm^2 , 到“十五”时期肥料投入总量达 144.5 kg/hm^2 , 增长了 5.6 倍。

上黄试区经过二十多年的农业经济结构调整, 该试区农业生态系统服务的物质质量及价值量变化较大, 农村经济模式主要由传统粗放的经营模式转变为现代集约化的经营模式, 1982 年, 上黄试区农业生态系统服务的土地总面积为 664.9 hm^2 , 所产生的农业经济总量为 15.86 万元, 传统农作物面积为 279.9

hm^2 , 生产的价值量为 12.70 万元, 2005 年, 该试区农作物面积为 79.4 hm^2 , 产生的价值量为 29.11 万元, 特别是果园面积只有 11.1 hm^2 , 所产生的价值量高达 60.91 万元的经济效益。上黄试区农业生态系统服务在价值量提高的同时, 其物质质量也有较大的提高, 特别是服务于生态建设的人工草地的面积及所产生的物质总量都有较大程度的提高, 1982 年, 农业生态系统服务于生态目的的土地利用面积为 383.9 hm^2 , 而人工草地面积仅有 5.0 hm^2 , 农业生态系统服务于生态目的的物质总量为 356.6 t, 到 2005 年, 农业生态系统服务于生态目的的土地利用面积达 574.4 hm^2 , 人工草地面积 200.4 hm^2 , 物质总量达 1 755.6 t。表明上黄试区经过二十多年的农业经济结构调整及优化措施, 农业生态系统服务的物质质量及价值量都有较大程度的提高, 生态系统处于较为理想的状态。

4 结论

(1) 上黄试区整个研究期间内, 农业生态系统服务的物质总量变化较大且内部结构变化明显, 1982 年, 上黄试区农业生态系统服务的物质总量为 959.1 t, 到 2005 年达到 2851.9 t, 增长了 197.35%。其中农作物、森林、牧草及果业物质质量分别从 1982 年的 600.9、14、342.6、1.6 t 增长到 2005 年的 689.4、449.3、1 306.3 及 406.9 t, 表明该试区已从以传统农业为主的物质生产转为以牧为主, 林、牧及果业齐头并进农业生态系统服务物质生产方式。

(2) 上黄试区农业生态系统服务的价值量在整个研究期间也有较大的变化, 1982 年农业生态系统服务的价值总量为 15.86 万元, 而 2005 年农业生态系统的价值总量为 127.61 万元。该试区农业生态系统服务价值量各内部构成也呈现出较大的不同, 主要表现为传统农业生态系统服务的价值量在总价值量比重明显下降, 1982 年, 传统农业生态系统服务的价值量为 12.70 万元, 占当时总价值量的 80.07%, 2005 年, 传统农业生态系统服务的价值量为 29.11 万元, 占总价值量的 22.81%, 减少 57.26 个百分点。从农业生态系统服务的价值量角度来看, 果业占主导地位, 其价值量占总价值量的 47.73%。

(3) 上黄试区经过二十多年的农业结构调整, 农业生态系统服务的物质质量及价值量的明显变化表示该试区发展的总体思路为保生态求发展, 即生态治理的基础上, 谋求经济上的发展, 在生态治理方面, 主要是进行退耕还林还草, 研究期间内共退耕耕地 200.5 hm^2 , 经济发展主要是在保障粮食作物生产的基础上, 大力发展牧业及果业。

(下转第 171 页)

化率的提高同样可以带来土地利用综合程度的提高,当长沙、株洲的城市化率提高一个百分点的时候,总体的土地利用综合程度可以提高 0.285 32, 0.232 64 个百分点。可以认为,当前长株潭地区已进入快速城市化阶段,人口、产业的集聚很明显,非农用地对农用地的捕获力呈逐年增强的趋势,故而长株潭地区的整体城市化率的提高有利于该地区土地利用水平的提高。另外,由于长沙地区的发展较快,在土地利用上出现了规模效益。再者,湘潭地区的城市化水平变化对长株潭地区的土地利用水平没有直接的响应关系,这可能与湘潭所处的经济发展阶段有关。

(2) 城市化水平的变化是长株潭地区整体土地利用水平变化的 Granger 原因,城市化的有序推进是引起土地利用状况变动的重要因素。然而,土地利用的变化不是该地区城市化水平变化的 Granger 原因。这说明长株潭地区的土地利用变化与城市化水平的变化存在一个单向的响应机制。可见,城市化水平的提高是各种原因综合的结果,并不仅仅是土地利用方面造成的,提高城市化水平应该从产业结构的改变、户籍制度的改革以及政府制度层面上着手。

(3) 短期内,长株潭地区的城市化不利于土地利用水平的提高,滞后一期的长株潭整体城市化水平的变动对当期该地区的土地利用水平具有负面影响,但出现这种均衡关系的偏离时,通过城市化水平变化的反向作用机制,可以以 - 0.529 11 的力度将非均衡状态拉回到均衡状态。

(上接第 166 页)

参考文献:

- [1] Daily G E D. Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. Washington DC: Island Press, 1997.
- [2] Robert C, Ralph d Arge, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystems services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [3] Gretchen C K. Nature's Service: Societal Dependence on Nature Ecosystems[M]. Washington DC: Island Press, 1997.
- [4] Van Wilgen, Brian W, Cowling R M, et al. Valuation of ecosystem services: a case study from South African fynbos ecosystems[J]. Bioscience, 1996, 46: 184-189.

参考文献:

- [1] Braid R M. Optimal Spatial Growth of Employment and Residences[J]. Journal of Urban Economics, 1988, 36: 79-97.
- [2] William L. Urban Influences on the Amount and Structure of Agriculture in the North-Eastern United States[J]. Landscape and Urban Planning, 1988, 11: 229-244.
- [3] Heilig G K. Neglected Dimensions of Global Land-use Change: Relation and Data[J]. Population and Development Review, 1995, 20: 831-859.
- [4] Verburg P H, De Koning G H J, Kok K, et al. Quantifying the Spatial Structure of Land Use Change: an Integrated Approach[J]. ITC Journal 3/4 Special Issue: Proceedings of the Conference on Geo-Information for Sustainable Land Management, 1997, 8: 17-21.
- [5] 廖进中, 韩峰, 张文静, 等. 长株潭城镇化对土地利用效率的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2010(2): 30-36.
- [6] 陈爽, 姚士谋, 章以本. 中国城市化水平的综合思考[J]. 经济地理, 1999(4): 111-116.
- [7] 李秀斌. 对加速城镇化时期土地利用变化核心学术问题的认识[J]. 中国人口·资源与环境, 2009(5): 1-6.
- [8] 沈彦, 许联芳. 快速城市化地区生态系统对土地利用的响应[J]. 云南地理环境研究, 2009(4): 70-71.
- [9] 潘爱民. 中国服务贸易开放与经济增长的长期均衡与短期波动研究[J]. 国际贸易问题, 2006(2): 54-58.
- [10] 张晓峒. 计量经济分析[M]. 北京: 经济科学出版社, 2000: 250-270.

- [5] 孙刚, 盛连喜, 周道玮. 生态系统服务及其保护策略[J]. 应用生态学报, 1999, 10(3): 365-368.
- [6] 肖寒, 欧阳志云, 赵景柱. 海南岛生态系统土壤保持空间分布特性及生态经济价值评估[J]. 生态学报, 2000, 20(4): 552-558.
- [7] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评估[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635-640.
- [8] 张三焕, 赵国柱, 田允哲. 长白山珲春林区森林资源资产生态环境价值的评估研究[J]. 延边大学学报: 自然科学版, 2001, 27(2): 126-134.
- [9] 肖寒, 欧阳志云. 森林生态系统服务功能及其生态价值评估初探[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 481-484.
- [10] 贾海燕, 刘国彬, 王继军. 黄土丘陵区农业生态系统产业结构分析[J]. 西北植物学报, 2003, 23(8): 1447-1451