

流沙河流域土地利用与地形因子的关系

底亮^{1,2}, 马友鑫¹, 李红梅¹, 孙燕瓷^{1,2}

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: [目的] 以西双版纳傣族自治州的流沙河流域为例, 对该流域土地利用与地形因子的关系进行研究, 为流域土地利用规划提供科学依据。[方法] 采用分布指数和基于 DEM 数据提取的高程、坡度、坡向, 分析该流域 1976—2010 年各地类在不同地形因子下的分布变化特征。[结果] 有林地较高海拔, 较大坡度, 北坡区域占有优势; 茶园主要分布在 1 200~1 400 m 海拔的东坡和南坡, 坡度对其分布影响较弱; 橡胶园主要分布在水热条件较好的 600~1 000 m 海拔, 坡度较缓, 东坡和南坡区域; 建设用地主要分布在中低海拔, 坡度较缓, 无坡向的平地; 轮歇地在 1 000~1 600 m 的东坡和南坡占优, 坡度对其分布影响较小; 水田主要分布在中低海拔, 缓坡, 无坡向的平地。[结论] 流沙河流域有林地和传统耕地不断被开垦为橡胶园和茶园等经济种植园, 橡胶种植有向高海拔、陡坡与北坡发展趋势, 使有林地分布进一步破碎化。为维持该流域生态稳定性, 应严格控制好经济作物的种植面积, 保护好现存的热带森林。

关键词: 土地利用变化; 分布指数; 流沙河流域

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)06-0296-05

中图分类号: Q149

Relationship Between Land Use and Topographic Factors in Liushahe Watershed

DI Liang^{1,2}, MA Youxin¹, LI Hongmei¹, SUN Yanci^{1,2}

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650223, China. 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: [Objective] Taking Liushahe watershed in Xishuangbanna Dai Autonomous Prefecture as a case study area, this study tries to investigate the relationship between land use and topography factors in order to provide scientific support for land use planning. [Methods] We extracted elevation, slope and aspect from DEM data, combined with distribution index, we then analyzed the relationships between land use distribution and topography factors from 1976 to 2010. [Results] Forest was dominant in higher elevations, steeper slope and north-facing aspects; Tea garden mainly distributed in elevation between 1 200 and 1 400 m on east and south-facing aspects, and the slope had weak effect on the distribution of tea garden; Rubber plantation mainly distributed at elevation of 600~1 000 m on gentle slopes in east-facing and south-facing aspects with better hydrothermal conditions; Construction land was mainly located in the area at low altitude with flat and gentle slopes; Rotation land mainly distributed at elevation of 1 000~1 600 m, and had a maximum percentage in east-facing and south-facing slopes, and the slope had little restraints on the distribution of rotation land; Paddy field mainly distributed in the area with low altitude, flat and gentle slopes. [Conclusion] Forest and traditional tillage has been reclaimed for rubber plantation and tea garden, and rubber plantation continuously expands to higher and steeper areas and in north-facing aspect. As a result, the forest has been fragmented. Therefore, the expansion of rubber plantations into forest must be controlled to ensure the ecological stability of the watersheds in this region.

Keywords: land use change; distribution index; Liushahe watershed

地形因子是各种生态现象和生态过程产生的最根本因素^[1], 对土地利用的空间形成有一定制约作用^[2], 是土地利用类型空间分布的重要环境因子^[3-4]。

生态现象最直观的表现就是土地利用, 土地利用的空间分布影响区域地表径流过程、非点源污染的产生和植物多样性等^[5-7], 因此开展土地利用与地形因子关

收稿日期: 2014-02-26

修回日期: 2014-03-26

资助项目: 中国科学院战略性先导科技专项“应对气候变化的碳收支认证及相关问题”(XDA05050206)

第一作者: 底亮(1988—), 男(回族), 宁夏自治区石嘴山市人, 硕士研究生, 研究方向为流域土地利用变化与水环境评价。E-mail: dibaiys@163.com。

通信作者: 马友鑫(1960—), 男(汉族), 辽宁省阜蒙县, 博士, 研究员, 主要从事景观生态学方面的研究。E-mail: may@xtbg.ac.cn。

系的研究,有助于发现土地利用的空间分布规律及人类活动与环境因子相互关系。目前这方面的研究还主要集中在一些经济发展迅速及生态环境脆弱地区^[8-9],对农耕文化较浓厚且经济种植发展较迅速的区域关注不够。

流沙河流域位于云南省西双版纳傣族自治州勐海县和景洪市境内,流域内有典型的农田—乡村聚落—森林—丘陵多样化景观,其建立了该流域独特的生态和文化多样性。近几十年来,由于橡胶和茶树的种植,流域的农耕文化正在逐渐消失,更多的轮歇地被开垦出来,导致森林被砍伐。该流域近年来受到相关研究者的重视,主要集中在土地利用变化和河流径流产沙方面研究,关于土地利用与地形因子关系的报道仅限于更大尺度西双版纳地区,也仅是单一地形因子与土地利用面积比例的分析^[10]。本研究利用 3 个时期的遥感影像与 DEM 数据,选择高程、坡度、坡向和分布指数,分析地形因子对土地利用分布的影响及土地利用随地形因子变化的适宜性,为未来土地利用发展方向提供参考,为流域土地利用规划提供科学依据。

1 研究区概况

流沙河流域位于云南省西双版纳傣族自治州西部(约 100°5′—100°35′E,21°40′—22°06′N),流域面积约 2 067 km²,终年受西南季风控制,属热带季风气候,一年中有干季和雨季之分,年均气温 21.8°C,年均降水量 1 492.9 mm,其中 80%分布在雨季。流域高差起伏大,最高海拔 2 400 m,最低海拔 499 m。流域中上游区域,自古就有滇南“鱼米之乡”之称,流域坝区居民以傣族为主,主要耕作传统水田,居住在山区的少数民族主要为布朗族和基诺族,他们在长期的生产活动中形成了“刀耕火种”的轮歇耕作方式,近年来由于人口压力 and 经济发展,新开垦的轮歇地很难再转化为森林,而是被其他土地利用方式所取代。

2 研究方法

2.1 数据源

根据该区 1976,1999,2010 年 3 期遥感影像解译数据(1976 年影像分辨率为 80 m,后两期影像分辨率为 30 m,影像处理和具体解译、精度评价方法参考李红梅研究^[11]),本研究将流域划分为有林地、灌木林地、茶园、橡胶园、荒草地、水田、水浇地、轮歇地、建设用地、水体和滩涂^[11]。1976 年为 MSS 影像,分辨率仅为 80,由于当时茶园和建设用地面积很小导致很难判读,因此 1976 年的分类缺省这两种土地利用

类型。限于篇幅,本文主要分析比较有代表性的有林地、茶园、橡胶园、建设用地和轮歇地和水田。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用变化强度指数 为了反映土地利用类型面积的变化幅度,采用土地利用变化强度指数^[12],其表达如下:

$$P = \frac{U_{bj} - U_{aj}}{U} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: P ——研究时段区域土地利用类型 j 变化强度指数; U_{aj}, U_{bj} ——研究初期与末期土地利用类型 j 的面积; U ——研究区土地总面积; T ——研究末期和初期时间间隔(a)。

2.2.2 地形因子分级 将土地利用分类图转成栅格格式(分辨率为 30 m),与 DEM 数据派生的高程、坡度、坡向地形因子进行空间叠加,统计土地利用类型在各地形因子分级的分布指数。高程、坡度、坡向因子分级^[10]为:高程分级为 2 000 m 以下每 200 m 为一级,2 000 m 以上为一级:<600,600~800,800~1000,1 000~1 200,1 200~1 400,1 400~1 600,1 600~1 800,1 800~2 000 和 >2 000 m。坡度共分为 6 级:微坡<5°,较缓坡 5°~8°,缓坡 8~15°,较陡坡 15°~25°,陡坡 25°~35°,急陡坡>35°。坡向分为 5 级:平地(0°),北坡(0~45°,315°~360°),东坡(45°~135°),南坡(135°~225°),西坡(225°~315°)。

2.2.3 分布指数 采用分布指数描述土地利用类型在各地形因子梯度的分布特征,分布指数消除了各地形梯度和不同景观类型面积差异的影响。分布指数计算公式^[13]为:

$$P_{ie} = (S_{ie}/S_i)/(S_e/S) \quad (2)$$

式中: P_{ie} ——第 i 种景观类型在地形因子 e 上的分布指数; S_{ie} ——第 i 种景观类型在 e 地形因子特定分级下的 i 地类面积; S_i ——研究区内第 i 种景观类型的面积; S_e ——研究区内 e 地形因子特定分级下的的总面积; S ——整个研究区的总面积。分布指数是一个标准化、无量纲的指数,若 $P_{ie} > 1$,表示第 i 种景观类型在该地形等级下具有优势分布, P_{ie} 越大,优势越明显。反之若 $P_{ie} < 1$,表示该地形等级不是该景观类型的优势分布。

3 结果与分析

3.1 土地利用类型面积、强度变化分析

由表 1 可以看出,1976—2010 年,流域土地利用变化剧烈,主要表现出有林地和水田持续减少,分别减少 43%和 69%,轮歇地增长 1.6 倍以上,橡胶园、

茶园和建设用地增长高达近 3 倍以上。从 6 个主要地类的变化强度可以看出(表 1),有林地两个时期变化强度明显较高,尤其在 1976—1999 年变化强度显著大于其他各类,说明在此时期有林地破坏严重;水田的强度变化值在各时期均为负值,说明其面积在

不断减少;轮歇地在两个时期变化强度值明显较高且均为正值,说明轮歇地被大量开发;橡胶园和茶园变化强度居中,说明该区经济种植业发展稳定,大量的轮歇地转变为经济种植园,预示今后该区经济种植业发展速度加快。

表 1 流沙河流域土地利用类型面积比例及变化强度

%

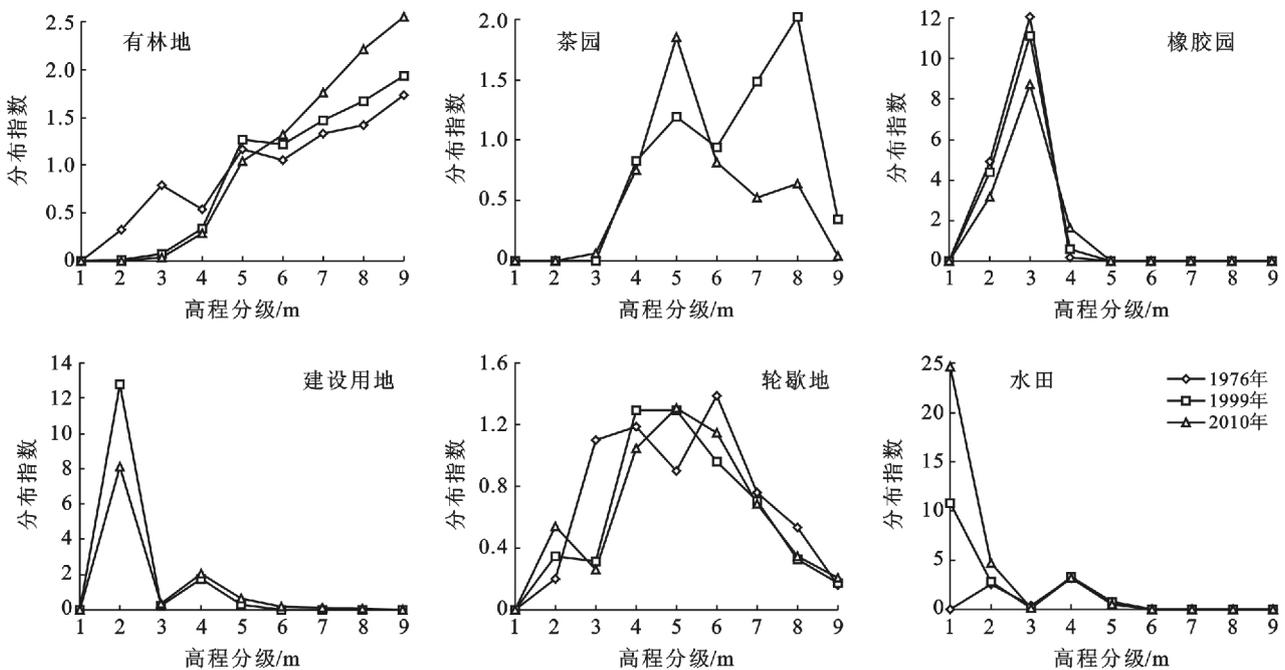
土地利用类型	面积比例			强度指数	
	1976 年	1999 年	2010 年	1976—1999 年	1999—2010 年
有林地	52.072	25.147	29.877	-1.171	0.429
茶园	—	1.573	6.140	—	0.415
橡胶园	2.344	7.593	9.887	0.228	0.208
建设用地	—	0.787	3.171	—	0.217
轮歇地	10.709	22.423	28.461	0.509	0.548
水田	12.992	9.277	4.055	-0.161	-0.475

3.2 不同海拔高度土地利用分布特征

图 1 显示了不同海拔土地利用类型分布指数随时间变化的规律。

从图 1 可以看出:(1)各年份有林地优势分布高程为 >1 200 m 区域内,此高程以下,分布指数随时间有减小的趋势,而在之上则相反,说明随时间推移,海拔较低区域森林破坏较严重,高海拔区域受人类干扰相对较小,以及灌木林地的恢复,已成为有林地的优势分布地带;(2)茶园分布指数整体上随着海拔升高呈先增加,随后降低趋势,茶园优势地位由 1999 年的 1 800~2 000 m 降到 2010 年的 1 200~1 400 m,茶园在高海拔的优势地位丧失;(3)橡胶园在研究期内

优势分布区域没有变化,主要分布在 600~1 000 m 区域内,但是,由于中低海拔土地利用开发强度较大,已经处于饱和状态,橡胶园有向高海拔发展趋势;(4)建设用地主要分布在 600~800 m 区域,而在较高海拔(>800 m)存在随时间上升趋势,说明建设用地在向中高海拔发展的趋势,其主要原因是流域内海拔较高的勐海县城城市化进程速度加快所致;(5)轮歇地分布优势主要出现在 1 000~1 600 m 范围;(6)水田在 <600 m 内区域具有明显优势,而且变化幅度较大,其他高程区分布指数变化幅度不大,随时间推移,中高海拔水田大部分转变为旱地和建设用地。



注:高程分级 1. <600 m; 2. 600~800 m; 3. 800~1 000 m; 4. 1 000~1 200 m; 5. 1 200~1 400 m; 6. 1 400~1 600 m; 7. 1 600~1 800 m; 8. 1 800~2 000 m; 9. >2 000 m。

图 1 各高程梯度上不同土地利用类型的分布指数

3.3 不同坡度上土地利用分布特征

从图 2 可以看出:(1) 有林地分布指数总体上随着坡度增加而上升, $>8^{\circ}$ 区域为优势分布,而且随时间增加这种优势更加明显,这可能与退耕还林和森林保护政策有关;(2) 总体而言,坡度对茶园的分布优势影响较小;(3) 橡胶园主要分布在 $5\sim 15^{\circ}$,在 $<15^{\circ}$ 坡地上,随着时间增加,橡胶园分布优势降低,但在此坡度以上则相反,说明受土地资源限制,橡胶种植向陡坡地区发展;(4) 建设用地分布指数整体呈现随坡度增加而减小的趋势,其优势分布区域为 1~2 坡度等级范围,但受到城市化扩张,大于 8° 坡度范围其分布有增加趋势。(5) 轮歇地作为一种过渡土地利用类型,各坡度级上受到不同程度的开发,总体分布受坡度的约束较小,1999 和 2010 年大于 25° 分布有减少趋势,反映此坡度级退耕还林活动开展较好。(6) 各年份水田分布指数在坡度上分布较为一致,呈现随坡度等级增加而降低的趋势,在小于 5° 坡度区域内分布

优势尤为明显,这是因为国家的农业用地的保护政策,水田在 $<5^{\circ}$ 的优势地位始终没有改变。

3.4 不同坡向土地利用分布特征

图 3 显示了不同坡向土地利用类型分布指数随时间的变化规律。从图 3 可以看出:(1) 北坡是有林地的优势分布区域,尤其在 1999 年最明显,随时间变化,坡向对有林地分布的限制有降低趋势;(2) 东坡和南坡是茶园的分布优势区域,并且随时间变化,茶园在这两个坡向的分布优势有增强的趋势;(3) 1999,2010 年橡胶园在北坡分布指数较 1976 年有明显抬升,受到经济利益的驱使,水热条件较差的北坡也大量种植橡胶,总体来看,东坡是其优势分布区域,橡胶种植对坡向的选择减弱;(4) 建设用地主要分布在平地,其次在西坡,热量相对不充足的北坡不具有分布优势;(5) 轮歇地主要分布在东坡和南坡,其在平地分布随时间增加而增加;(6) 水田主要分布在平地,与坡向关系不明显。

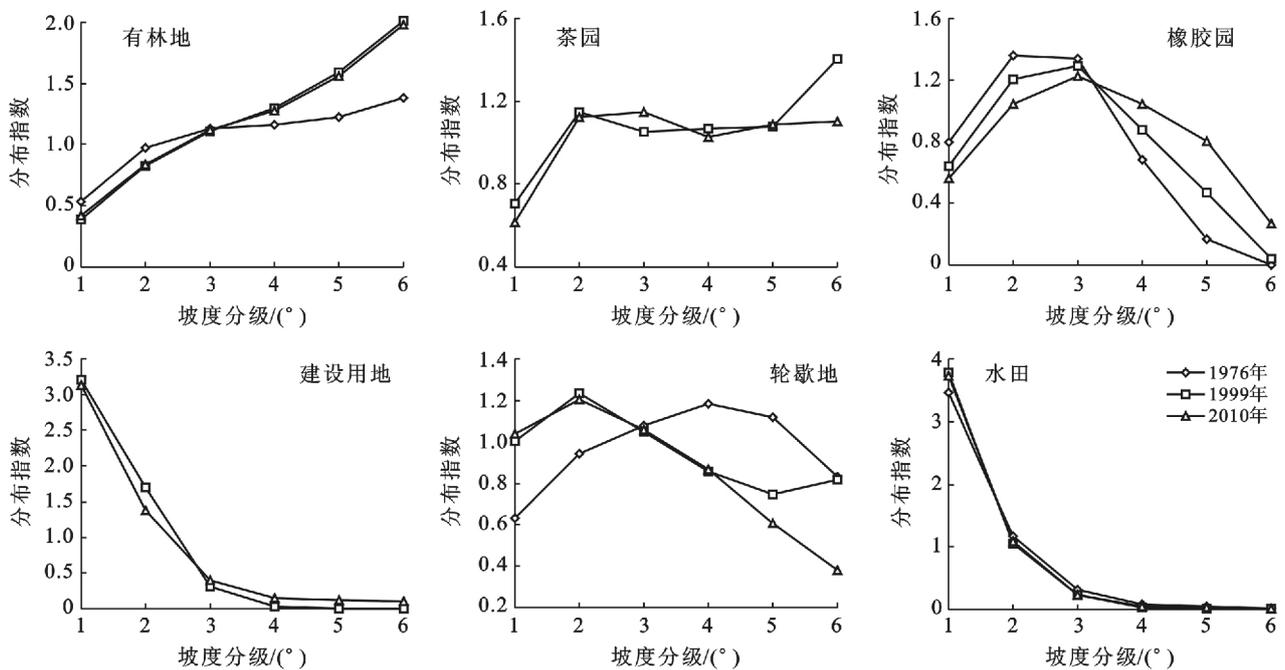


图 2 各坡度梯度上不同土地利用类型的分布指数
注:坡度分级 1. $<5^{\circ}$; 2. $5\sim 8^{\circ}$; 3. $8\sim 15^{\circ}$; 4. $15\sim 25^{\circ}$; 5. $25\sim 35^{\circ}$; 6. $>35^{\circ}$ 。

4 结论与讨论

流沙河流域土地利用空间格局逐渐发展为随海拔增加“水田—橡胶(茶园)—轮歇地—有林地”逐渐占优的格局^[10]。与人类生产活动较密切的土地利用类型,如水田、橡胶园主要分布在坡度较缓的区域,坡度越大,有林地受到破坏越小。有林地在北坡占优,东坡是橡胶园优势分布区域,且有向北坡发展趋势,

水田和建设用地在平地上占有优势。

流沙河流域橡胶园和茶园的扩张,使热带森林持续遭到破坏,有林地景观破碎化严重^[14],同时也使流域内传统的、小尺度的耕作行为发生终止,破坏了该区域的物种多样性和供物种繁衍的自然生境^[15]。轮歇地作为一种过渡的土地利用类型,大多由热带森林砍伐而来,之后又转移成和人类生产活动密切的土地类型,这种转化使热带森林很难再恢复,影响该区域

自然生态系统的完整性。大量研究^[16-18]也显示西双版纳地区橡胶园替代为热带森林后,使局地气候发生改变,土壤退化和河流水环境污染。以上分析表明,

应严格控制好经济作物的种植面积,保护好现存的热带森林,考虑对高海拔和陡坡区域种植经济作物的土地恢复为有林地。

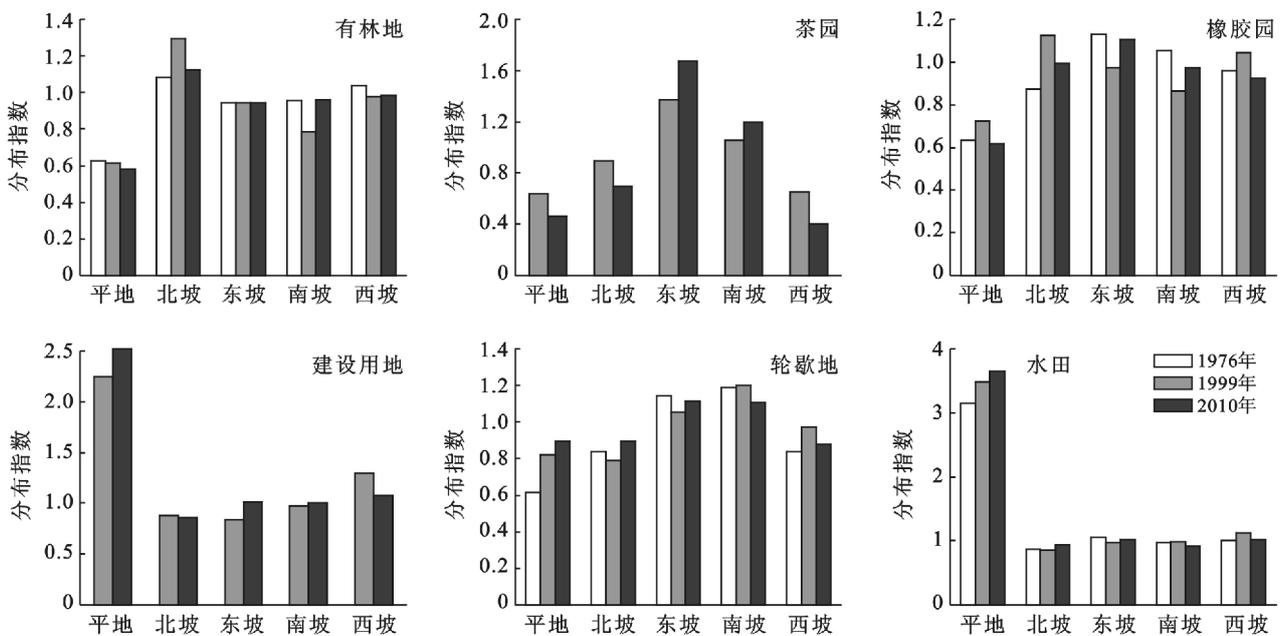


图 3 各坡向梯度上不同土地利用类型的分布指数

[参 考 文 献]

- [1] 方精云,沈泽昊,崔海亭. 试论山地的生态特征及山地生态学的研究内容[J]. 生物多样性,2004,12(1):10-19.
- [2] 白淑英,陈灵梅,王莉,等. 农牧交错区微地形对土地利用空间格局的影响研究[J]. 中国土地科学,2011,25(8):22-34.
- [3] 葛翠萍,赵军,尹升,等. 典型黑土区地形因子对土地利用变化的影响[J]. 农业系统科学与综合研究,2009,25(1):69-73.
- [4] 冯朝阳,于勇,高吉喜,等. 地形因子对京西门头沟区土地利用/覆盖变化的影响[J]. 山地学报,2007,25(3):274-279.
- [5] 董磊华,熊立华,于坤霞,等. 气候变化与人类活动对水文影响的研究进展[J]. 水科学进展,2012,23(2):278-285.
- [6] 曹芳芳,李雪,王东,等. 新安江流域土地利用结构对水质的影响[J]. 环境科学,2013,34(7):2582-2587.
- [7] 马克明,张洁瑜,郭旭东,等. 农业景观中山体的植物多样性分布:地形和土地利用的综合影响[J]. 植物生态学报,2002,26(5):575-588.
- [8] 龚文峰,袁力,范文义. 基于地形梯度的哈尔滨市土地利用格局变化分析[J]. 农业工程学报,2013,29(2):250-259.
- [9] 邱扬,傅伯杰,王军,等. 黄土丘陵小流域土地利用的时空分布及其与地形因子的关系[J]. 自然资源学报,2003,18(1):20-29.
- [10] 李增加,马友鑫,李红梅,等. 西双版纳土地利用/覆盖变化与地形的关系[J]. 植物生态学报,2008,32(5):1091-1103.
- [11] 李红梅. 西双版纳地区土地覆被变化对植被碳储量影响研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2005.
- [12] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展,1999,18(1):81-87.
- [13] 喻红,曾辉,江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J]. 地理科学,2001,21(1):64-69.
- [14] Li Hongmei, Aide Thomas Mitch, Ma Youxin, et al. Demand for rubber is causing the loss of high diversity rain forest in SW China[J]. Biodiversity and Conservation, 2007,16(6):1731-1745.
- [15] Zhu Hua, Xu Zaifu, Wang Hong, et al. Tropical rain forest fragmentation and its ecological and species diversity change in Southern Yunnan[J]. Biodiversity and Conservation, 2004,13(7):1355-1372.
- [16] 刘文杰,张一平,刘玉洪,等. 热带季节雨林和人工橡胶林林冠截留雾水的比较研究[J]. 生态学报,2003,23(11):2379-2386.
- [17] 杨景成,黄建辉,潘庆民,等. 西双版纳不同热带生态系统土壤有机质的光谱学特性[J]. 植物生态学报,2004,28(5):623-629.
- [18] 徐文静. 西双版纳地区橡胶种植对源头溪流生态系统的影响[D]. 北京:中国科学院研究生院,2010.