

漓江流域上游植被景观格局演变特征分析*

Analysis on the Vegetation Landscape Pattern of Upper Reaches in Lijiang River Basin

向悟生,李先琨,丁涛,黄玉清,何成新,陆树华

XIANG Wu-sheng, LI Xian-kun, DING Tao, HUANG Yu-qing, HE Cheng-xin, LU Shu-hua

(广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所,广西桂林 541006)

(Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China)

摘要:以1991年、1998年和2006年三期遥感影像数据为基础,应用景观生态学方法,分析漓江流域上游植被景观格局的演变特征。结果表明,漓江流域上游植被景观在1991~2006年间出现了较大变化,主要表现在:(1)代表人工植被的灌木林(果园、竹林及灌丛)景观的面积指数增加迅速;(2)具有重要生态功能的乔木林景观类型虽然总体面积变化不大,但是一些面积较大的乔木林景观斑块面积出现了较明显的缩小;(3)草丛植被景观退化明显,表现出较高的破碎度和分离度;(4)植被景观总体的复杂程度减小,景观多样性降低;(5)由于景观多样性降低和景观结构配置不合理,植被景观功能出现退化,水源涵养、土壤保持和生物多样性维持等生态服务价值均出现下降。

关键词: 植被 景观 格局 演变特征

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2009)04-0455-05

Abstract Based on the multi-temporal remotely sensed data in 1991, 1998 and 2006, this study analyzed the landscape pattern change characteristics in Upper reaches of the Lijiang river basin by using the methods of landscape ecology. The results showed the landscape pattern in Upper reaches of the Lijiang river basin changed significantly during the research phase. (1) The class area of shrub landscape which represent plantation increased rapidly in the period. (2) The class area of tree forest landscape which has key functions changed little, but the area of some large patches reduced obviously. (3) The herbosa patches degraded significantly and showed high fragmentation degree and separation degree. (4) The diversity and complexity degree of the vegetation landscape pattern declined in the period. (5) The ecosystem services value in soil formation and disposition, water conservation, bio-diversity conservation of the vegetation system decreased as a result of vegetation landscape patches improper distribution.

Key words vegetation, landscape, pattern, change characteristics

植被既是生态环境的重要构成部分,又是维持生态环境效能的功能体,是衡量自然生态环境质量和性质的主指示物。在土壤侵蚀、水土流失的影响因子中,植被是一个十分重要的因子,直接影响到生态系统的稳定^[1]。植被景观格局研究是区域景观生态研究的热

点之一。植被的景观格局反映了植被空间分布及其动态受环境异质性和干扰状况综合控制的基本特征,其景观类型的组成、配置及其利用是否合理与区域水土流失控制、生态环境和生物多样性保护以及可持续发展密切相关,对区域生态系统功能和环境质量具有重要的影响^[2]。

漓江以青山秀水的自然风光闻名于世,1978年被列为国家重点保护的13条江河之一,可以说,漓江是孕育桂林名城的源泉,是桂林社会经济发展的生命线。近20年来,由于社会、经济的发展,漓江流域的生态环境受到严重干扰,漓江枯水期加长,年最小流量

收稿日期: 2009-07-02

作者简介: 向悟生 (1978-),男,副研究员,主要从事恢复生态和环境生态方面的研究。

* 广西科技攻关项目(桂科转 07123007-4 桂科攻 0816003-1),广西植物研究所基本科研业务费项目(桂植业 09011)及 GEF小额项目资助。

下降和含沙量增大等生态问题凸显,河水流量和质量的不下降,对桂林旅游业和工农业发展产生了非常不利的影响。漓江面临的这些生态环境问题与其上游植被的结构和功能变化密切相关^[3]。本文以 TM 遥感影像解译数据为基础,以漓江流域上游的灵川、兴安两县所辖区域作为研究区,探讨近 20 年来的漓江流域上游植被景观格局演变特征,分析产生和控制植被景观空间格局的因子及其作用机制,为漓江上游植被景观的合理管理和植被建设提供科学依据

1 研究区概况与方法

1.1 研究区概况

漓江属珠江流域西江水系桂江上游,发源于广西兴安境内,全长 214 km。漓江流域地处 E 109°45′~110°40′, N 24°18′~25°41′之间,流域范围涉及桂林市区和兴安、灵川、临桂、阳朔、平乐、恭城、荔浦诸县,面积约 12000 km²,漓江上游(桂林水文站以上)集雨面积 2762 km²,其径流量占流域总径流量的 70% 以上^[3]。

漓江流域属中低山和丘陵地形,北部为碎屑岩中低山地貌和丘陵地貌,平均海拔 900~1100 m;中南部为盆地、平原碳酸盐岩溶地貌或河谷地貌,海拔 100~600 m,其中有大量的峰丛、峰林、孤峰景观。流域总的地势北高南低,东西两侧高而中间低,在一系列开阔的山间盆地及峡谷之间形成了漓江谷地。漓江谷地以上古生代碳酸盐岩为主,经历了多次构造运动。流域北部丘陵地的土壤以红壤和黄壤为主^[4]。

漓江流域属中亚热带湿润季风气候区,全年光照充足,四季分明,平均气温 17~20℃;由于北面越城岭山脉的屏蔽作用和湘桂走廊的独特地理条件,漓江流域处在广西境内 4 个“降雨中心”之一的越城岭山脉的东南坡,年降水量为 1400~2600 mm,由北而南逐渐降低;年蒸发量 1377~1857 mm,雨热基本同期。流域的地带性植被为中亚热带典型常绿阔叶林。在海拔 400 m 以下地带,常绿阔叶林保存很少,分布零星,主要植被类型是农作物、果园和经济林,天然林主要是马尾松林 (*Pinus massoniana*); 海拔 400~800 m 地带的主要植被类型是毛竹 (*Phyllostachys pubescens*) 林,这一地带的常绿阔叶林面积有所增加;在海拔 800~1300 m 地带,常绿阔叶林成为主要植被类型,成片分布,有部分马尾松林和毛竹林,农作物、果园和经济林较少^[3]。

1.2 研究方法

1.2.1 植被覆被数据获取

在野外调查的基础上,以 1991 年、1998 年和 2006

年漓江流域上游灵川、兴安两县所辖区域的 Landsat TM 遥感影像为基础,同时参考该地区 1:5 万地形图、土壤图、土地利用图等辅助资料,通过人工目视解译与计算机遥感图像自动解译分类,提取 3 个时期的植被覆被信息。由于受到 TM 影像数据的分辨率所限,在保证分类精度的前提下,按照优势种生活型不同,将植被景观解译为乔木林、灌木林(包括果园、竹林及灌丛)、草丛等 3 种植被类型。为了保证数据的可靠,对分类结果进行精度评价。在各期遥感数据上随机抽取 50 个同名点,记下坐标。通过与遥感数据上坐标相同的地点实地采点验证,各期遥感图像与实地数据相符的取样点均达到了 43 个以上。同时采用混淆矩阵法进行进一步的评价,各类别分类总体精度均超过 90%, Kappa 系数在 0.75 以上,说明最终分类结果精度较高,误差较小。

1.2.2 植被景观格局分析方法

在 ArcGIS 9.0 平台支持下,将景观数据转换为满足 Fragstats 软件运行要求的栅格 Grid 格式。为保证分析的尺度能够准确反映景观特征,避免最小的图斑单元丢失,同时根据所用的数据源 TM 图像的分辨率,将网格分辨率设置为 30 m × 30 m,结合景观分析软件 Fragstats 3.3 (栅格版)进行景观结构指标的计算。

根据漓江流域上游植被景观分布及变化特点,选用面积指数、斑块数目、拼块周长积分维数、最大斑块指数、平均斑块面积等指标对乔木林、灌木林(果园、竹林及灌丛)和草丛等植被景观的斑块特征进行研究。

1.2.3 景观空间构型评价指标

选取分离度指数和破碎度指数来表征景观的空间构型。

$$\text{分离度指数}^{[5]}: K_i = W_i / B_i, \text{其中: } W_i = 0.5 \times \frac{N_i}{A}, B_i = A_i / A$$

式中, K_i 为景观类型 i 的分离度, W_i 为景观类型 i 的距离指数, B_i 为景观类型 i 的面积指数, N_i 为景观类型 i 的斑块总数, A_i 表示景观类型 i 的总面积, A 表示景观的总面积。

$$\text{景观破碎度指数}^{[6]}: FN = NP / CA$$

其中, CA 为面积指数, NP 为斑块数目。

1.2.4 景观多样性

采用多样性指数、均匀度指数两个指标分析植被景观的多样性。

$$\text{多样性指数}^{[5]}: H = \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i$$

其中, H 为多样性指数, P_i 为第 i 类斑块面积占

景观总面积的比例, m 为景观类型 (或生态系统的) 的数目; 景观类型的斑块数目越大, 表示景观多样性越大; 不同类型景观分布越均匀, 多样性越大; 当景观单一, 且是均质时, 指数为零; 当景观由 2 个以上类型组成且组成相等时, 多样性最高; 如各景观类型比例差异增大, 则 H 值下降。

$$\text{均匀度指数}^{[5]}: E = - \ln \sum_{i=1}^m (P_i)^2] / \ln m \times$$

100%,

其中: E 是相对均匀度指数 (百分数), P_i 是景观类型 i 在景观里的面积比例, m 是景观生态系统类型总数

1.2.5 植被景观变化的生态价值效应评估

为了探讨植被景观变化对生态系统功能的影响, 以不同植被景观类型的面积指数为基础, 采用谢高地等^[7]人的生态服务价值系数表, 计算研究区不同植被景观的生态服务总价值, 其公式如下:

$$ESV = \sum (A_k \times VC_k)$$

式中, ESV 为植被景观生态系统服务总价值 (元); A_k 为研究区 k 种植物景观类型的面积 (hm^2); VC_k 为生态价值系数 ($\text{Yuan}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$), 其中, 灌木林的 VC_k 取乔木林和草丛的平均值

2 研究结果与分析

2.1 漓江流域水源林植被景观的斑块特征

从表 1 看, 漓江上游草丛植被景观的面积指数在 1991 年到 2006 年出现了大幅度的下降, 从 42656.13 hm^2 降低到 25481.34 hm^2 ; 乔木林景观的面积指数也出现了下降, 减少了 25651.57 hm^2 ; 而受人工干预较大的灌木林 (果园、竹林及灌丛) 景观则增加了 28694.47 hm^2 , 增加幅度较大。

分析研究区的植被景观斑块数目特征可知, 从 1991 年至 2006 年, 研究区的植被景观的斑块数据均出现了明显的减少 (表 1)。斑块数目可以反映研究区景

表 1 漓江上游植被景观斑块特征

Table 1 The pattern characteristics of vegetation landscape in Upper reaches of the Lijiang river basin

| 类型 Type | 年份 Year | 斑块数 Number of patch | 面积指数 Class area (hm^2) | 斑块周长面积分维数 Perimeter-area fractal dimension | 最大斑块指数 Largest patch index | 平均斑块面积 Mean patch size (hm^2) |
|--------------|------------|------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|---|
| 草丛 Grass | 1991 | 21480 | 42656.13 | 1.4800 | 0.0238 | 1.9859 |
| | 1998 | 14286 | 30110.04 | 1.5529 | 0.0216 | 2.1077 |
| | 2006 | 10506 | 25481.34 | 1.5399 | 0.0249 | 2.4254 |
| 灌木林 Shrub | 1991 | 11640 | 120417.93 | 1.4945 | 3.4746 | 10.3452 |
| | 1998 | 8267 | 119321.19 | 1.3876 | 2.7531 | 14.4334 |
| | 2006 | 5438 | 149112.40 | 1.373 | 5.623 | 27.4204 |
| 乔木林 Tree | 1991 | 5735 | 198650.07 | 1.3822 | 10.3355 | 34.6382 |
| | 1998 | 7549 | 198888.93 | 1.4189 | 12.6255 | 26.3464 |
| | 2006 | 4566 | 172998.50 | 1.3633 | 6.655 | 37.8884 |

观的异质性和人类干扰强度。此外, 斑块数目对许多生态过程都有影响, 如可以决定景观中各种物种及其次生种的空间分布特征。一般来说, 斑块数目越大, 景观的异质性越高, 区域的破碎度越大, 受人类干扰也越大。但是, 研究区的斑块数减少并不意味着期间研究区植被生态系统所受人为干扰变小。结合最大斑块指数、平均斑块面积及各种植被景观类型受人类活动干扰的特点进行分析, 我们认为, 这恰恰是研究区植被景观受强烈的人类活动干扰后的结果。灌木林 (果园、竹林及灌丛) 植被景观中, 经济林具有较高的比重, 由于人为的栽植, 大面积集中连片, 景观的斑块形状复杂程度降低, 平均斑块面积和最大斑块指数都快速增加; 而代表自然植被的乔木林, 其最大斑块指数出现了较大幅度的下降, 表明一些成片分布的面积较大的斑块范围逐渐收缩, 由于靠近居民区的一些小的乔木林景观斑块在人类活动的干扰下消失, 所以平均斑块面积有所增加。结合斑块周长面积分维数进行分析也基本证实了这一点。斑块周长面积分维数常用来测定景观中斑块形状的复杂程度, 其值一般均处于 1 ~ 2 之间, 是反映景观格局总体特征的重要指标, 它在一定程度上也反映了人类活动对景观格局的影响。受人类活动干扰小的自然景观的分数维值高, 受人类活动影响大的人为景观的分数维值低。从计算结果来看, 从 1991 年到 2006 年, 研究区种植物景观的斑块周长面积分维数均是减小 (表 1) 的, 表明人类活动对研究区植被生态系统的干扰强度呈不断增加趋势。

2.2 植被景观的空间构型

从图 1 来看, 1991 年至 2006 年, 漓江上游草丛植被景观的分离度呈不断增加趋势。分离度越大, 表示斑块越离散, 斑块之间距离越大, 其空间分布就分散。灌木林 (果园、竹林及灌丛) 植被景观中, 经济林具有较高的比重, 由于人为的栽植, 大面积集中连片, 面积扩大明显, 所以分离度和破碎度均出现明显减小。

乔木林景观的分离度和破碎度变化均较小,说明其分布尚为集中。综合而言,漓江上游植被景观类型中,草丛植被景观的分离度和破碎度最大,空间构型最不稳定;而乔木林景观的分离度和破碎度最小,表明其空间构型相对稳定

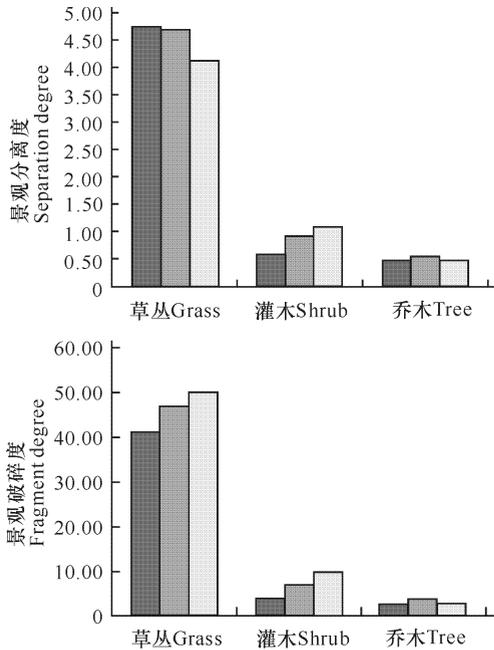


图1 漓江上游植被景观的空间构型

Fig. 1 The spatial configuration of the vegetation

landscape

■ 2006 ■ 1998 □ 1991

2.3 植被景观的多样性

从表 2 看到,从 1991 年到 2006 年,研究区植被景观斑块多样性指数从 1.0382 降至 0.9992,而均匀度指数也从 0.7489 降至 0.7207,说明植被景观要素的丰富性和复杂程度期间出现了不同程度的降低。

表 2 漓江上游植被景观多样性

Table 2 The diversity of the vegetation landscape

| 年份 Year | 多样性指数 Diversity Index | 均匀度指数 Evenness Index |
|------------|--------------------------|-------------------------|
| 1991 | 1.0382 | 0.7489 |
| 1998 | 1.0225 | 0.7376 |
| 2006 | 0.9992 | 0.7207 |

2.4 漓江流域上游植被景观结构和功能变化

漓江源头包括猫儿山、青狮潭、海洋山等 3 个水源林区。据已有的资料分析显示,3 个水源林区的成熟林在 80 年代的 10 年间减少了 23.15%~32.96%。从森林景观的粒级结构上看,1958~1959 年、1981~1982 年水源林区曾 2 次遭受大规模的乱砍乱伐,出现了很多 10hm²以上的大斑块^[8]。由于对上游水源林的人为破坏和过量采伐,原始老龄林主要分布在金石、华江猫儿山等林区高海拔地带。低山、丘陵地带大都为杉木、

松类、毛竹、柑橘等人工林所代替。据 198 年森林资源调查,水源林仅占 30%,而经济林、竹林、用材林占 70%。近 20 年来这一差距有增大的趋势,从遥感研究的结果来看,也证实了这种趋势的存在。调查结果显示,源头森林植被景观结构欠合理,异质性发生变化:从年龄结构上看,中幼林增多、成熟林减少,特别是老龄林的比重降低^[9];老龄林不仅指年龄而且指未受人为干扰或受人为干扰很少的原始林,它具有结构上的特殊性以及保持生物多样性和维持生态平衡的作用。从森林类型结构来看,常绿阔叶林减少,灌木林(人工纯林、经济果木林)增多,复层林演变为单层林,源头的森林大面积纯化、针叶林化^[9]。

由于景观多样性的降低和景观结构配置的不合理,研究区景观功能出现退化。从表 3 的植被景观生态服务价值计算结果来看,1991~2006 年间,漓江上游植被景观的生物多样性保护、土壤形成与保护、水源涵养、气候调节、气体调节等生态服务价值均呈下降趋势。根据上游水文站枯水期径流过程线衰减方程估算,漓江上游猫儿山林区储水能力比下降 20% 以上。漓江上游大溶江水文站年输沙量的统计数字表明,1958~1960 年输沙量 2.78×10⁴t/a,1961~1980 年万输沙量增长至 38.3×10⁴t/a,1981~2003 年输沙量高达 41.5×10⁴t/a,43 年间增长了 14.9 倍^[8]。这些数据均表明漓江上游植被生态系统的水源涵养、土壤保持等功能出现了不同程度的退化。

表 3 漓江上游植被景观的生态服务价值变化

Table 3 The ecosystem services value of the vegetation landscape

| 生态服务价值类型 Ecological services value type | 生态服务价值 Ecological services value (×10 ⁴ Yuan/a) | | |
|--|--|---------|---------|
| | 1991 | 1998 | 2006 |
| 气体调节 Gas regulation | 874.50 | 864.28 | 837.49 |
| 气候调节 Climate regulation | 700.18 | 689.03 | 670.92 |
| 水源涵养 Water conservation | 805.78 | 795.63 | 771.77 |
| 土壤形成与保护 Soil formation and disposition | 1070.79 | 1047.13 | 1026.90 |
| 废物处理 Waste treatment | 419.31 | 403.77 | 402.93 |
| 生物多样性保护 Bio-diversity conservation | 845.92 | 832.40 | 810.58 |
| 食物生产 Food production | 50.22 | 46.72 | 48.47 |
| 原材料 Raw materials | 600.08 | 598.79 | 573.95 |
| 娱乐文化 Entertainment and culture | 296.83 | 296.01 | 283.92 |
| 合计 Sum | 5663.60 | 5573.75 | 5426.93 |

3 驱动力分析

植被景观演变的驱动力有自然要素和人文要素两方面,但气候、土壤等自然因素主要决定较长时间尺度下植被景观变化过程,相比较而言,在15年的周期内,社会人文因素对植被景观的变化起到了主导的作用。

人口压力是导致植被景观发生转变的重要原因之一。漓江上游灵川和兴安两县人口从1991年的70.15万人增至2006年72.2万人。人口增长必然增加对食物、住房及公共设施的需求,因而导致建设用地、耕地的扩张,而耕地和建设用地的扩张又使得林、灌、草丛被破坏,从而导致林地和草丛植被景观面积的减少以及景观的结构发生改变。

植被景观演变的最主要的驱动因素是人类的经济开发活动。由于经济开发,农业集约化程度提高,漓江水源林区和宜林山地过度开发,漓江上游部分集水区建立水果和反季节蔬菜产业带,进行大规模集约开发,原生性的草坡植被遭到破坏;木材加工厂大量收购杂木,木材资源受到掠夺性采伐,且没有及时地对砍伐迹地的次生林进行合理的规划和再生利用,导致林地和草丛面积持续下降。而天然林被人工用材林或者次生林取代后,树种单一,群落结构简化,在景观上则表现出景观异质性和多样性的不断降低。

4 结论

在以经济开发活动为主导的人文要素的驱动下,漓江上游植被景观在1991~2006年间出现了较大变化,主要表现在:

(1)代表人工植被的灌木林(果园、竹林及灌丛)景观的面积指数增加迅速;

(2)具有重要生态功能的乔木林景观类型虽然面积变化不大,但是一些面积较大的乔木林景观斑块的面积出现了较明显的缩小。

(3)草丛植被景观退化明显,表现出较高的破碎

度和分离度。

(4)整个水源林区植被景观的复杂程度减小,景观多样性降低。由于景观多样性的降低和景观结构配置的不合理,研究区植被景观功能出现退化,水源涵养、土壤保持和生物多样性维持等生态服务价值均出现了下降。

致谢

桂林工学院遥感应用研究所吴虹教授及硕士研究生李春雷参加了TM影像的遥感解译工作,在此谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 韦红波,李锐.我国植被水土保持功能研究进展[J].植物生态学报,2002,26(4):489-496.
- [2] 汪永华,苏志尧,陈北光.广州白云山风景区植被景观格局探析[J].中国生态农业学报,2005,13(1):45-48.
- [3] 李先琨,吕仕洪,黄玉清,等.漓江流域红壤侵蚀区植被演替与复合农林试验[J].生态环境,2007,16(1):140-148.
- [4] 陈余道,蒋亚萍,朱银红.漓江流域典型岩溶生态系统的自然特征差异[J].自然资源学报,2003,18(3):326-332.
- [5] 陈丽慧,陈志彪,陈志强,等.朱溪河小流域土地利用景观格局定量分析[J].水土保持研究,2009,16(1):66-68.
- [6] 盖新敏,彭彪,陈东立,等.福建省古田翠屏湖森林景观格局研究[J].福建林学院学报,2008,28(2):140-145.
- [7] 王成,魏朝富,邵景安,等.区域生态服务价值对土地利用变化的响应——以重庆市沙坪坝区为例[J].应用生态学报,2006,17(8):1485-1489.
- [8] 邱桔,李际平,杨永德.漓江上游水源林生态恢复研究[J].学术论坛,2005(12):123-127.
- [9] 吕仕洪,向悟生,李先琨,等.漓江上游植被类型的水文特征与功能评价[J].水土保持通报,2002,22(5):24-28.

(责任编辑:邓大玉)

揭秘癌细胞拒绝凋亡

细胞产生不可修复的DNA损伤后通常会程序性死亡,或称凋亡。然而在肿瘤细胞中这一机制失去作用,所以它能够肆意增殖,拒绝接受凋亡的命令。德国科学家最近研究发现,严重DNA损伤后触发细胞凋亡的其中一类蛋白是HIPK2分子。HIPK2分子不断地在健康细胞中产生,不断积累,触发健康细胞凋亡。但是,在癌细胞中一种名为Siah-1的酶将HIPK2分子标记为“垃圾”,会将其立刻降解。利用这一新的发现,人们可以将Siah-1抑制剂与放疗或化疗结合使用,从而将细胞拉回到凋亡机制中来,使凋亡机制恢复作用,提升放疗和化疗的效力。

(据科学网)