

# 岷江上游流域植被覆盖度及其与地形因子的相关性

张诗羽, 张毅, 王昌全, 曾志超

(四川农业大学 资源学院, 四川 成都 611130)

**摘要:** [目的] 研究岷江上游流域植被覆盖度随不同高程带、坡度带、坡向分布变化的特征及其相关性, 为该地区利用有利地形加强生态环境建设和防治水土流失提供依据。[方法] 在 GIS 和 RS 技术支持下, 利用 Landsat-8 OLI 遥感影像和 DEM 数据提取植被覆盖度和地形因子进行叠加分析, 构建统计样本定量分析植被覆盖度与地形因子间的相关关系。[结果] 研究区总体植被覆盖情况良好, 中度以上植被覆盖区占研究区面积 75.0%, 低植被覆盖区仅占 15.2%。植被覆盖度随海拔高度和坡度的增加呈先增加后降低的趋势, 在海拔 2 500~3 000 m 和坡度 25°~45°达到最大值; 阳坡的植被覆盖度略大于阴坡。各地形因子对不同植被覆盖度的影响程度不同, 低植被覆盖区受坡度影响较显著, 极高度植被覆盖区受海拔高度影响较显著, 其他植被覆盖区与地形因子的相关性无明显规律。[结论] 岷江上游流域植被覆盖度与地形因子关系紧密, 地形因子变化对生态环境有重要影响。

**关键词:** GIS; RS; 岷江上游流域; 植被覆盖度; 地形因子; 相关性

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2018)01-0069-07

**中图分类号:** X87, Q948.114

**文献参数:** 张诗羽, 张毅, 王昌全, 等. 岷江上游流域植被覆盖度及其与地形因子的相关性[J]. 水土保持通报, 2018, 38(1): 69-76. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.01.012. Zhang Shiyu, Zhang Yi, Wang Changquan, et al. Vegetation coverage and its correlation with topographic factors in upstream watershed of Minjiang River[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(1): 69-76.

## Vegetation Coverage and Its Correlation with Topographic Factors in Upstream Watershed of Minjiang River

ZHANG Shiyu, ZHANG Yi, WANG Changquan, ZENG Zhichao

(College of Resources, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130, China)

**Abstract:** [Objective] By studying the vegetation coverage changes with elevation, slope degree and aspect in upstream watershed of Minjiang River, we aim to provide support for eco-environment improvement and soil erosion control in favorable terrain in the area. [Methods] With the support of GIS and RS, we extracted vegetation coverage and topographic factors from Landsat-8 OLI remote sensing images and DEM data, and then overlaid them. The statistical samples were constructed to analyze the correlation between vegetation coverage and topographic factors. [Results] Firstly, the vegetation coverage in study area was overall in good condition and the area of the medium and above vegetation coverage accounted for 75.0% while low vegetation coverage area is only 15.2%. Secondly, vegetation coverage decreased with the increase of elevations and slopes after the initial increasing, the maximum value occurred at the elevation of 2 500~3 000 m and the slope of 25°~45°. The vegetation coverage in sunny slopes was slightly higher than that in shady slopes. Lastly, the topographical factors may produced different effects in areas with different vegetation coverage. In areas with low vegetation coverage, the slope degree exerted significant influence while the influence of elevations was significant in areas with extremely high vegetation coverage. There was no significant

收稿日期: 2017-01-13

修回日期: 2017-04-02

资助项目: 四川农业大学双支计划“基于 3S 技术的长江上游生态脆弱区成因研究”(03571285)

第一作者: 张诗羽(1991—), 女(汉族), 四川省眉山市人, 硕士, 研究方向为资源环境信息技术。E-mail: zhangshiyu2016@hotmail.com。

通讯作者: 张毅(1976—), 男(汉族), 四川省达州市人, 硕士, 副教授, 主要从事土壤与地理信息技术研究。E-mail: zy8709@126.com。

correlation between other vegetation coverage and topographical factors, which revealed a complex relationship between vegetation and terrains in upstream watershed of Minjiang River. [Conclusion] The vegetation coverage is closely related to the topographic factors in upstream watershed of Minjiang River, and the change of topographic factors has an important impact on the ecological environment.

**Keywords: GIS; RS; the upstream watershed of Minjiang River; vegetation coverage; topographical factors; correlation**

植被是地理环境的重要组成部分,与气候、土壤、地形条件、人类活动等要素相适应,具有涵养水源、保持水土、调节气候等作用。植被覆盖度作为植被的直观量化指标,是描述生态系统的重要参数,也是影响土壤侵蚀和水土流失的主要因子<sup>[1]</sup>。植被的形成和变化与所处的地理环境密切相关,植被覆盖度的地形分异特征研究已成为揭示植被与地形之间关系的重要途径。目前,借助 RS 与 GIS 技术来进行植被覆盖度的相关研究已成为当前环境监测的可行方法,王鹏程等<sup>[2]</sup>基于森林植被 GIS 数据库,对三峡库区森林植被分布的地形分异特征进行分析;卢晓宁等<sup>[3]</sup>利用 2001—2013 年 EOS-MODIS 归一化植被指数产品数据,对川西高原进行了干旱监测;徐芮等<sup>[4]</sup>基于 RS 和 GIS 技术分析了 2003—2011 年朱溪流域植被覆盖的时空分布状况及其变化的地形响应特征。

岷江上游流域是长江上游生态屏障的重要组成部分和成都平原的水源“生命线”,该地区地形高差悬殊,坡度较陡,泥石流、山体滑坡等自然灾害时有发生,同时人口增长的压力也导致水土流失加剧,加之干旱河谷气候使该区生态系统十分脆弱。目前,关于该区域已有的研究多集中在土壤、水文、气候、地质地貌、生态环境<sup>[5-10]</sup>等方面,而分析比较该地区植被覆盖度与各类地形因子间的相关性强度大小的报道相对较少。本文拟基于归一化植被指数和像元二分模型,在 RS 和 GIS 技术支持下,结合海拔高度、坡度、坡向对岷江上游地区植被覆盖度空间分异特征进行研究,并从数理统计的角度对不同植被覆盖度与各地形等级因子进行相关性分析,得出该地区影响不同植被覆盖度的主要地形因子,以期防治当地水土流失和生态环境保护提供理论依据。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 研究区概况

岷江上游流域位于  $102^{\circ}34'—104^{\circ}14'E$ ,  $30^{\circ}45'—33^{\circ}12'N$ ,地处四川盆地丘陵山地向川西北高原的过渡地带,属青藏高原东缘高山峡谷区,岷江干流全长 337 km,流域面积约为  $2.50 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,主要流经四川省松潘、黑水、茂县、理县、汶川 5 县。地势总体呈

现由西北向东南倾斜的分布趋势,主体属中高山陡崖地貌,区内沟壑纵横,地形极为复杂,地表起伏大,平均海拔高度为 3 400 m,地貌类型多样。属中国东部湿润季风区与青藏高寒区的过渡带,其生态系统具有典型高山亚高山特征,垂直气候带明显,年平均气温  $11.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年降水量 400~600 mm,降水主要集中在夏季(6—10 月),占全年降水量的 80%~90%,暴雨多,降水强度大。植被类型沿高程有明显的垂直地带性,地表覆盖以自然植被为主,森林、灌木和草甸的面积比重分别为 35.38%,40.14%和 24.23%,其中针叶林和阔叶林分别为 24.59%,10.36%。大气环流、局地环流、地理位置和地形地势造就了该地区干旱河谷气候形成,表现为气温年差小、干湿季明显、蒸发量大、太阳辐射强烈等特征。

### 1.2 数据来源与处理

Landsat-8 OLI 遥感影像数据和 DEM 数据来自中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站(www.gscloud.cn),空间分辨率均为  $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ 。其中 3 景遥感影像轨道号分别为 130/37,130/38,130/39,成像时间均为 2013 年 8 月,图像质量好且已做过系统辐射校正和几何粗校正;DEM 数据采用 ASTER GDEM V1 数字高程数据产品。水文站点(包括紫坪铺、姜射坝、桑坪、杂谷脑、沙坝、黑水、镇江关、松潘 8 个水文站)资料来自四川省水文水资源局。其他数据还包括研究区 1:50 000 地形图、行政区划图(2012 年,来自阿坝州国土资源局)、土地利用图(2013 年,来自阿坝州国土资源局),土壤图(来自阿坝州农业局)。

在 Envi 5.1 软件支持下,首先对遥感影像进行辐射定标和大气校正,大气模型(atmospheric model)根据研究区纬度和影像获取时间选择 mid-latitude summer,气溶胶参数模型(aerosol model)根据研究区域位置选择 rural;然后以研究区 1:50 000 地形图为基准,选择三次多项式方法进行几何精校正,校正精度控制在 0.5 个像元以内。将校正后的三景遥感影像进行无缝镶嵌,利用行政区划图剪裁得到研究区遥感影像。

### 1.3 植被覆盖度估算

归一化植被指数(normal difference vegetation

index, NDVI)能够较好地反映植被生长状态及植被覆盖度等信息,其提取方法为:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

式中:Landsat-8 OLI 影像中第 5 波段(0.845~0.885  $\mu\text{m}$ )对应于近红外波段 NIR,第 4 波段(0.630~0.680  $\mu\text{m}$ )对应于可见光红光波段 R。然后利用李苗苗等<sup>[11]</sup>在基于 NDVI 的像元二分模型的基础上改进的模型公式(2),反演出流域的植被覆盖度图。

$$f_c = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (2)$$

式中: $NDVI_{soil}$ , $NDVI_{veg}$ ——无植被覆盖区和完全被植被所覆盖区的像元的 NDVI 值。实际应用中,对于某一土壤类型,其  $NDVI_{soil}$  是一定的;对于某一土地利用类型,其  $NDVI_{veg}$  值也因植被类型相同而近似<sup>[11]</sup>。因此,本文将土地利用现状图与土壤图的叠加图作为确定  $NDVI_{veg}$  和  $NDVI_{soil}$  值的依据。为消除图像噪声所带来的误差, $NDVI_{soil}$  和  $NDVI_{veg}$  取给置信区间内的最小值和最大值。利用研究区的 NDVI 数据,选取相同土地利用方式和相同土壤类型图斑内累积频率为 5% 的 NDVI 值为  $NDVI_{soil}$ ,累积频率为 95% 的 NDVI 值为  $NDVI_{veg}$ 。将  $NDVI_{soil}$  和  $NDVI_{veg}$  代入公式(2),得到研究区植被覆盖分布图。

根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007),结合岷江上游流域植被覆盖的实际情况,将植被覆盖度分成 6 级:Ⅰ级为低度植被覆盖( $f_c < 30\%$ ),Ⅱ级为中低度植被覆盖( $30\% \leq f_c < 45\%$ ),Ⅲ级为中度植被覆盖( $45\% \leq f_c < 60\%$ ),Ⅳ级为中高度植被覆盖( $60\% \leq f_c < 75\%$ ),Ⅴ级为高度植被覆盖( $75\% \leq f_c < 90\%$ ),Ⅵ级为极高度植被覆盖( $f_c \geq 90\%$ )。利用植被覆盖度图计算研究区的平均植被覆盖度,将研究区内各像元的植被覆盖度的数值累加,用所得到的和除以研究区内总像元数,得到研究区平均植被覆盖度,即研究区内各像元植被覆盖度值的算术平均数<sup>[12]</sup>,计算公式为:

$$VC = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (3)$$

式中: $n$ ——图像中的总像元个数; $a_i$ ——第  $i$  个像元的植被覆盖度值。

#### 1.4 植被覆盖度的地形分异特征

运用 ArcGIS 10.2 软件对 DEM 数据镶嵌剪裁后提取海拔、坡度和坡向并划分等级,得到研究区海拔、坡度、坡向的专题图。研究区海拔高度为 760~5 840 m,海拔  $< 2 000$  m 的区域仅占总面积的 6%,基于以上实际,将研究区海拔高度按照  $< 2 000$ ,

2 000~2 500,2 500~3 000,3 000~3 500,3 500~4 000,4 000~4 500,4 500~5 000, $\geq 5 000$  m 分为 8 个高程带。研究区坡度范围为  $0^\circ \sim 88^\circ$ ,其中  $15^\circ \sim 45^\circ$  的区域约占整个研究区的 80%,结合水土保持工作中普遍采用的临界坡度分级标准,按照  $< 8^\circ$ , $8^\circ \sim 15^\circ$ , $15^\circ \sim 25^\circ$ , $25^\circ \sim 35^\circ$ , $35^\circ \sim 45^\circ$ , $45^\circ \sim 55^\circ$ , $\geq 55^\circ$  将坡度分为 7 个等级。将坡向按照  $-1$ (平地), $0^\circ \sim 22.5^\circ$  和  $337.5^\circ \sim 360^\circ$ (北坡), $22.5^\circ \sim 67.5^\circ$ (东北坡), $67.5^\circ \sim 112.5^\circ$ (东坡), $112.5^\circ \sim 157.5^\circ$ (东南坡), $157.5^\circ \sim 202.5^\circ$ (南坡), $202.5^\circ \sim 247.5^\circ$ (西南坡), $247.5^\circ \sim 292.5^\circ$ (西坡), $292.5^\circ \sim 333.5^\circ$ (西北坡)分为 9 个坡向带,通常将北坡、东北坡、西北坡、西坡统称为阴坡,将南坡、西南坡、东南坡、东坡统称为阳坡。

将研究区各地形因子专题图与植被覆盖度等级图进行叠加分析,统计各级地形因子对应的不同植被覆盖度面积比,生成直方图,分析不同植被覆盖度随地形因子等级变化的特征。再提取各级地形因子范围内的植被覆盖度图,按照公式(3)计算各范围内的平均植被覆盖度,并生成折线图。

#### 1.5 植被覆盖度与地形因子的相关性强度

本文定量分析植被覆盖度与高程、坡度、坡向之间的关系,是通过它们之间的面积数量关系来实现的<sup>[13]</sup>。首先基于 DEM 数据,借助 ArcGIS 10.2 软件的水文分析功能,并结合水文站点的位置对子流域进行划分<sup>[14-15]</sup>,将研究区共划分为 10 个子流域(附图 6)。然后以各种自然条件相对完整的各子流域为研究对象,构建统计样本,以各个子流域内不同植被覆盖度面积比和各级地形因子面积比为变量,生成列表;通过 SPASS 19.0 软件中斯皮尔曼等级相关系数,研究变量间的线性相关关系。

## 2 结果与分析

### 2.1 植被覆盖度空间分布特征

由岷江上游流域植被覆盖度的统计结果(表 1)可知,研究区平均植被覆盖度为 73.2%, $f_c \geq 60\%$  的区域占全区总面积 75.0%,以Ⅵ级为主,占 48.1%,其次是Ⅴ级,占 19.0%,Ⅰ级仅占研究区面积 15.2%,说明植被覆盖状况整体较好。由附图 7 可知,Ⅰ和Ⅱ级植被覆盖度主要分布在研究区西部和东北边缘的高海拔地区以及东部岷江干流及岷江支流杂谷脑河两岸的干旱河谷区,即汶川县西北部、理县中部、黑水县西北部以及松潘县东北部。Ⅲ和Ⅳ级集中分布在河谷两岸低中山和中山区。Ⅴ和Ⅵ级则主要分布在远离河谷的高中山和中高山区。

表1 岷江上游流域植被覆盖度统计结果

植被覆盖等级	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	平均植被覆盖度/%
I	3 766.0	15.2	8.8
II	1 129.5	4.6	37.7
III	1 293.8	5.2	52.7
IV	1 967.8	7.9	68.2
V	4 714.6	19.0	84.1
VI	11 927.3	48.1	95.9
合计	24 799.0	100.0	73.2

## 2.2 植被覆盖度随海拔高度变化的特征

由图1可见,研究区平均植被覆盖度随海拔的升高呈先缓慢增加后急剧下降的趋势,在海拔 $\leq 4\ 000\text{ m}$ 区域内,各高程带平均植被覆盖度达76.1%以上,在2 500~3 000 m达到最大值83.6%。I级植被覆盖区面积所占比例随海拔的升高先减小后增加,在海拔大于5 000 m的区域内几乎全为I级植被覆盖;而II级和III级区域面积随海拔的升高先减少后增加;IV级和V级植被覆盖区分别在4 000~4 500和3 500~4 000 m达到最大值;VI级植被覆盖区随海拔的升高呈先增加后减小的趋势,在3 000~3 500 m达到峰

值,当海拔大于4 500 m后下降到几乎为0。

由表2可知,I级植被覆盖区域主要分布在海拔5—7级(占82.9%),II级主要分布在4—6级(占74.3%),III级主要分布在1级及4—6级(占81.8%),IV级主要分布在2—6级(占90.6%),V级主要分布在3—6级(占84.9%),VI级主要分布在2—5级(占91.3%)。

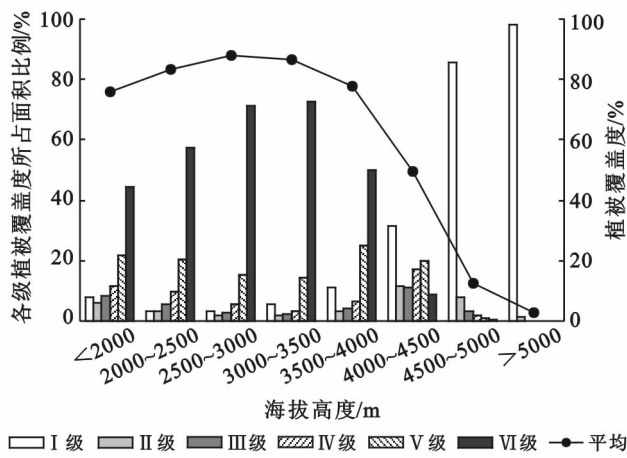


图1 研究区各级高程范围内植被覆盖度变化

表2 研究区不同植被覆盖度在各级高程带所占面积比例

植被等级	海拔等级							
	1	2	3	4	5	6	7	8
I	3.1	1.7	2.6	7.6	21.4	37.7	23.8	2.1
II	7.9	5.7	4.5	8.4	20.8	45.2	7.5	0.1
III	9.3	8.3	7.1	9.4	24.7	38.5	2.7	0
IV	8.5	9.4	8.9	9.2	24.0	39.1	0.9	0
V	6.8	8.2	10.1	16.5	39.1	19.1	0.2	0
VI	5.4	9.1	18.5	32.9	30.8	3.2	0	0

## 2.3 植被覆盖度随坡度变化的特征

由图2可见,研究区平均植被覆盖度随坡度的增大呈先增加后降低的趋势,在 $25^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 的坡度带达到最大值。I—V级植被覆盖区所占面积比例随坡度增大均为先减小后增加。而VI级植被覆盖区则相反,其变化与平均植被覆盖度随坡度增加的变化趋势一致,在直方图上呈现出中间高两端低的格局。

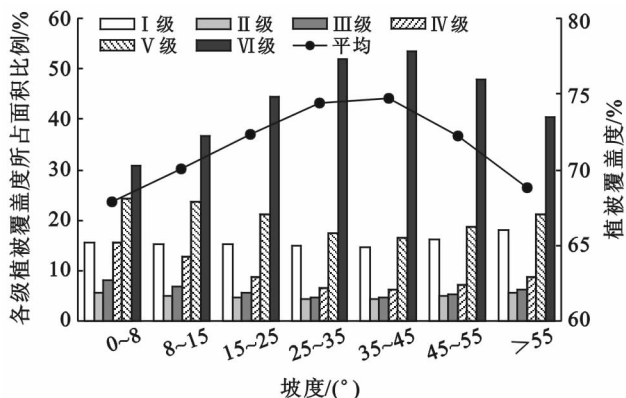


图2 研究区各级坡度范围内植被覆盖度变化

由表3可知,I级植被覆盖区域主要分布在坡度2—5级(占88.9%),II级主要分布在2—5级(占87.9%),III级主要分布在2—5级(占87.4%),IV级主要分布在2—5级(占86.6%),V级区域分布在2—5级(占88.6%),VI级主要分布在3—5级(占84.6%)。

表3 研究区不同植被覆盖度在各级坡度带所占面积比例

植被等级	坡度等级						
	1	2	3	4	5	6	7
I	3.6	8.5	24.8	34.0	21.6	6.1	1.3
II	4.3	9.3	24.4	32.5	21.8	6.4	1.4
III	5.5	11.3	26.0	30.6	19.5	5.8	1.3
IV	6.9	13.6	27.2	28.5	17.3	5.2	1.2
V	4.5	10.5	27.3	31.5	19.2	5.7	1.2
VI	2.2	6.5	22.7	37.2	24.6	5.8	0.9

## 2.4 植被覆盖度随坡向变化的特征

由图3可见,I级植被覆盖区在北坡和西北坡所占比例较高,其次是西坡和东北坡,II级植被覆盖区

在各个坡向所占比例较平均,Ⅲ,Ⅳ和Ⅴ级区域主要分布在东南坡、南坡、西南坡、东坡,而Ⅵ级植被覆盖区则主要分布在东北坡、北坡、西北坡、东坡。各个坡向的平均植被覆盖度从大到小依次为:东南坡>东坡>南坡>东北坡>西南坡>西坡>西北坡>北坡,总体上,阳坡植被覆盖度略大于阴坡。

由表 4 可知,Ⅰ级植被覆盖区域主要分布在除平地、东南坡、南坡外的其他坡向(占 79.3%),Ⅱ级主要分布在除平地、北坡和东北坡外的其他坡向(占 76.9%),Ⅲ级主要分布在除平地、北坡外的其他坡向(占 89.4%),Ⅳ级主要分布在除平地、北坡外的其他坡向(占 90.6%),Ⅴ级主要分布在除平地、北坡、东

北坡外的其他坡向(占 81.3%),Ⅵ级主要分布在除平地外的其他坡向(占 100.0%)。

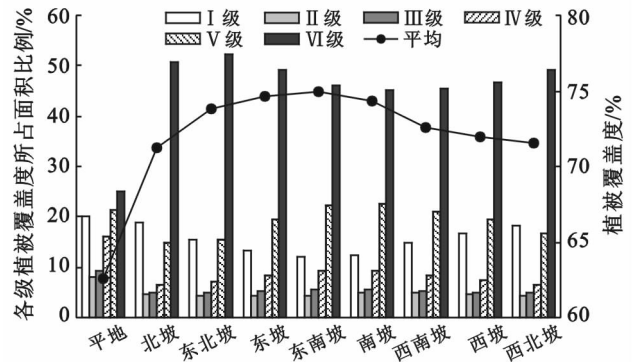


图 3 研究区各级坡向范围内植被覆盖度变化

表 4 研究区不同植被覆盖度在各级坡向所占面积比例

%

覆被等级	平地	北坡	东北坡	东坡	东南坡	南坡	西南坡	西坡	西北坡
I	0.0	14.2	12.4	12.2	11.0	9.7	11.6	13.8	15.2
II	0.0	11.6	11.5	13.1	13.5	12.7	12.8	12.4	12.4
III	0.0	10.6	11.6	14.3	14.8	12.7	12.3	12.0	11.7
IV	0.0	9.4	10.8	14.9	16.4	13.6	12.4	11.9	10.6
V	0.0	8.9	9.8	14.1	16.2	14.0	13.0	12.8	11.1
VI	0.0	12.1	13.1	14.2	13.2	11.1	11.2	12.2	13.0

## 2.5 植被覆盖度与地形因子的相关性分析

表 5 列出了不同植被覆盖度与表 2—4 中筛选出的各地形等级因子的相关性结果,可以看出,大多数地形等级因子与植被覆盖度具有较强的相关性。Ⅰ级植被覆盖度与坡度的相关性强于海拔和坡向,且与坡度 2,3 级呈负相关,与坡度 4,5 级呈正相关,这与坡度变化引起的水热条件不同有关。坡度 2,3 级处于水热条件较好的缓坡区,有利于植被生长,而坡度 4,5 级处于水热条件较差的陡坡区,低度植被覆盖区随缓坡区面积的增加而减少,随陡坡区面积的增加而增加。Ⅱ级植被覆盖度与坡向和海拔的相关性增强,与坡度的相关性减弱;Ⅲ级与海拔和坡向的相关性则明显大于坡度;Ⅳ和Ⅴ级与海拔、坡度、坡向的部分地形等级因子均表现出较强的相关性。Ⅵ级植被覆盖度与海拔因子的相关性最强,且与海拔 2,3 级呈正相关,与海拔 5 级呈负相关。分析其原因,在海拔 2 000~3 000 m 的区域,气温、降雨等因素为植被的生长提供了有利条件,极高度植被覆盖与该区域呈正相关;而当海拔大于 4 000 m 后,地貌主要为山顶或山脊,气温低、风速大、土层贫瘠等使植被极难生存,因此表现为负相关关系。综上,研究区低度植被覆盖区受坡度因子影响最显著,极高度植被覆盖区受海拔影响最

显著,其他植被覆盖区均受海拔、坡度、坡向的部分地形等级因子共同影响,但未表现出明显规律。

## 3 讨论

植被的形成和分布与所处的地理环境密切相关,而地形特征又是决定植被生境要素(如小气候、水文、土壤等)的主导因子。海拔和坡度是决定岷江上游地区植被分布的主要地形因子,这一结论与李崇魏等<sup>[16]</sup>对岷江上游流域植被格局与环境关系研究的结果吻合。海拔和坡度影响着水和热的分布<sup>[12]</sup>:有研究表明,岷江上游地区在海拔 2 000~3 000 m 水热组合条件最好<sup>[17-18]</sup>,在本研究中植被覆盖度在 2 500~3 000 m 高程带达到最大值,极高度植被覆盖也与这一区域表现为显著正相关,这与该高程带的植被生长的有利条件有很大关系;一般坡度越大的地区,积温越少,投影面积相同条件下降水量越小,土层持水性也越差,故植被覆盖度应随坡度的增大而减小,但本研究中植被覆盖度最高的区域并不是坡度最小的地区,由于岷江上游地区平地极少,在缓坡段人口占地比例大,林地被开垦为耕地<sup>[19-20]</sup>,使得植被覆盖度较低,而随着坡度增加,人工干预变弱,植被覆盖度的变化趋势回归正常。

在岷江上游流域,干旱河谷一般分布于海拔 1 200~2 000 m,坡度 $\leq 35^\circ$ 的区域,因其地势相对平缓 and 较好的光热条件成为人口分布集中的核心地

带<sup>[21]</sup>,但由于其生态系统本身较脆弱加之人类活动的干扰,导致该区域水土流失加剧和植被严重退化<sup>[22]</sup>,造成该区域植被覆盖度偏低。

表 5 不同植被覆盖度与地形等级因子相关性分析

地形等级 因子	相关系数 R					
	I 级覆被	II 级覆被	III 级覆被	IV 级覆被	V 级覆被	VI 级覆被
海拔 1 级	—	—	-0.706**	—	—	—
海拔 2 级	—	—	—	-0.718**	—	0.880**
海拔 3 级	—	—	—	-0.706**	-0.767*	0.827**
海拔 4 级	—	0.509*	0.621*	0.585*	0.718*	-0.018
海拔 5 级	-0.273	0.248	0.718**	0.212	0.848**	-0.860**
海拔 6 级	0.606*	-0.788**	0.742**	0.236	0.152	—
海拔 7 级	0.983**	—	—	—	—	—
坡度 2 级	-0.809**	-0.285	-0.055	0.236	0.558*	—
坡度 3 级	-0.821**	-0.164	0.091	0.621*	0.776**	-0.464
坡度 4 级	0.748**	-0.758**	0.006	-0.652*	-0.779**	0.439
坡度 5 级	0.870**	0.285	0.03	-0.448	-0.618*	0.179
北坡	0.176	—	—	—	—	-0.688*
东北坡	-0.164	—	0.597*	0.645*	—	0.018
东坡	-0.115	-0.868**	-0.767**	-0.164	-0.103	0.303
东南坡	—	0.739*	-0.658*	-0.448	-0.558*	0.315
南坡	—	0.103	-0.127	-0.791**	-0.800**	0.773*
西南坡	0.728	0.878**	0.473	-0.152	-0.261	-0.761*
西坡	-0.521*	0.236	0.645*	0.839**	0.800**	-0.712*
西北坡	-0.676*	0.636*	-0.164	0.042	0.127	0.155

注:\*,\*\* 分别表示在置信度为 0.05,0.01 时,相关性是显著的。

坡向对植被覆盖度的影响主要体现在降雨和温度上。岷江上游地区位于横断山区东侧,受东南暖湿气流和西南暖湿气流影响,东坡和东南坡降水量明显大于西坡和西北坡<sup>[23]</sup>;近东西向的山脉阻挡夏季暖湿气流,在迎风坡形成大量降雨<sup>[24]</sup>。山脉对气流的阻滞作用还体现在阻挡冬季强冷空气南侵,使南坡气温高些<sup>[24]</sup>;同时,阳坡接受到的太阳辐射总量要高于阴坡,使阳坡积温大于阴坡,植物光合作用也强于阴坡。值得注意的是,本研究中,阳坡植被覆盖度虽略大于阴坡,但极高度植被覆盖区面积却是阴坡大于阳坡,这可能是由于干旱河谷降水量少、蒸发量大、太阳辐射强烈的气候特征<sup>[25]</sup>造成,阴坡虽然降水量较阳坡少,但因为其接受太阳辐射也较少,蒸发量小,保存的水分相对较多,植物生长更茂盛,使得在海拔较低处(< 3 000 m)的极高度植被覆盖区面积阴坡略胜于阳坡。

综上,笔者认为在对岷江上游流域进行土地利用结构调整和生态保护建设时,应充分考虑到地形因子的限制条件,在缓坡区( $8^\circ\sim 25^\circ$ )应加强退耕还林、还草,在海拔较低(2 000~3 000 m)区域开展育林工作。

对于本身生态条件较差的干旱河谷区,原始植被一旦被破坏就很难恢复,应重在保护,加强土地利用规划,在改造治理上,也要提出切合实际可能的要求。

## 4 结论

(1) 研究区总体植被覆盖情况良好,中度以上植被覆盖区面积占研究区总面积的 75.0%且植被覆盖度  $f_c \geq 90\%$  的区域面积所占比例高达 48.1%,低植被覆盖区面积仅占研究区面积的 15.2%。

(2) 植被覆盖度随海拔高度和坡度的增加呈现先增加后减少趋势,在海拔 2 500~3 000 m 和坡度  $25^\circ\sim 45^\circ$  的地带达到最大值。植被覆盖度随坡向变化总体上阳坡略大于阴坡。

(3) 各地形因子对研究区不同植被覆盖度的影响程度不同。低植被覆盖区受坡度的影响较为显著,极高度植被覆盖区受海拔高度的影响较为显著,其他植被覆盖区与地形因子的相关性并未表现出明显的规律,这在一定程度上揭示了岷江上游地区植被与地形的复杂关系。

## [参 考 文 献]

- [1] 何磊,苗放,李玉霞.岷江上游典型流域植被覆盖度的遥感模型及反演[J].测绘科学,2010,35(2):120-122.
- [2] 王鹏程,姚婧,肖文发,等.三峡库区森林植被分布的地形分异特征[J].长江流域资源与环境,2009,18(6):528-534.
- [3] 卢晓宁,洪佳,王玲玲,等.2001—2013年川西高原旱情监测及其地形分异[J].干旱区地理,2015,38(2):334-344.
- [4] 徐芮,陈志强,陈志彪.朱溪流域植被覆盖的时空变化及地形分异特征[J].地球与环境,2016,44(2):154-160.
- [5] 姜琳,边金虎,李爱农,等.岷江上游2000—2010年土壤侵蚀时空格局动态变化[J].水土保持学报,2014,28(1):18-25,35.
- [6] 李崇巍,刘世荣,孙鹏森,等.岷江上游景观格局及生态水文特征分析[J].生态学报,2005,25(4):692-698.
- [7] 张一平,何云玲,钟水新,等.岷江上游山地森林生态气候效应[J].山地学报,2005,23(3):300-307.
- [8] 张会平,张恒兵,杨农,等.基于GIS的岷江上游地貌形态初步分析[J].中国地质灾害与防治学报,2004,15(3):116-119.
- [9] 杨斌,詹金凤,李茂娇.岷江上游流域环境脆弱性评价[J].国土资源遥感,2014,26(4):138-144.
- [10] 沈明霞,何瑞银,丛静华,等.基于主成分分析与Brovey变换的ETM+影像植被信息提取[J].农业机械学报,2007,38(9):87-89.
- [11] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,等.密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J].资源科学,2004,26(4):153-159.
- [12] 程圣东,李占斌,鲁克新,等.文安驿流域植被覆盖度时空分异及其与地貌因子关系研究[J].西安理工大学学报,2011,27(2):145-150.
- [13] 蔡宏,何政伟,安艳玲,等.基于RS和GIS的赤水河流域植被覆盖度与各地形因子的相关强度研究[J].地球与环境,2014,42(4):518-524.
- [14] 曾超,赵景峰,李旭娇.GIS支持下岷江上游水文特征空间分析[J].水土保持研究,2011,18(3):5-9,14.
- [15] 李旭娇,杨武年,曾超,等.岷江上游流域DEM的河网提取[J].地理空间信息,2011,9(4):58-60,63.
- [16] 李崇巍,刘丽娟,孙鹏森,等.岷江上游植被格局与环境关系的研究[J].北京师范大学学报:自然科学版,2005,41(4):404-409.
- [17] 张一平,张昭辉,何云玲.岷江上游气候立体分布特征[J].山地学报,2004,22(2):179-183.
- [18] 张文江,宁吉才,宋克超,等.岷江上游植被覆被对水热条件的响应[J].山地学报,2013,31(3):280-286.
- [19] Backhaus R, Braun G. Integration of remotely sensed and model data to provide the spatial information basis for sustainable land use[J]. Acta Astronautica, 1998, 42(9):541-546.
- [20] 庄大方,刘纪远.中国土地利用程度的区域分异模型研究[J].自然资源学报,1997,12(2):105-111.
- [21] 杨兆平,常禹,杨孟,等.岷江上游干旱河谷景观边界动态及其影响域[J].应用生态学报,2007,18(9):1972-1976.
- [22] 包维楷,王春明.岷江上游山地生态系统的退化机制[J].山地学报,2000,18(1):57-62.
- [23] 孙鹏森,刘世荣,李崇巍.基于地形和主风向效应模拟山区降水空间分布[J].生态学报,2004,24(9):1910-1915.
- [24] 文传甲.横断山区地形对水热条件的影响[J].山地研究,1989,7(1):65-73.
- [25] 庞学勇,包维楷,吴宁.岷江上游干旱河谷气候特征及成因[J].长江流域资源与环境,2008,17(S1):46-53.