

文章编号:1001-1498(2013)06-0736-08

## 基于 3S 技术的天保区植被变化监测方法研究

陈巧, 陈永富, 鞠洪波\*

(中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

**摘要:**以甘肃省清水县天然林保护区植被时空变化为研究对象,以 2 期 Landsat TM 遥感影像为主要信息源,以植被面积和植被覆盖度为监测指标,采用最大似然方法进行监督分类获得土地利用分类图和植被面积,采用 NDVI 像元二分法获得植被覆盖度图。利用空间分析和统计分析方法将土地利用分类图和植被覆盖度图进行空间叠加分析,揭示研究区 1996—2004 年间土地利用和植被覆盖度的数量变化和空间变化特征,并对天保区与非天保区以及不同天保区内部的差异进行对比分析。研究表明:1996 年—2004 年间甘肃省清水县天然林保护区森林面积和植被覆盖度得到了明显改善,且天保区优于非天保区;不同类型天保区植被变化状况有差异,3 种类型天然林保护区中以重点生态保护区植被改善状况最为显著。

**关键词:**TM 遥感影像;天然林保护工程区;空间分析技术;土地利用分类;植被覆盖度  
中图分类号:S771.8 文献标识码:A

## Vegetation Change Monitoring for the Natural Forest Protection Based on Spatial Analysis Techniques

CHEN Qiao, CHEN Yong-fu, JU Hong-bo

(Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** The number and spatiotemporal change characters of the vegetation in natural forest protection area of Qingshui County, Gansu Province, were investigated and the external and internal differences during the period of 1996 to 2004 were compared with two indicators: the vegetation area which came from the land-use classification map by the maximum likelihood classification (MLC) and the vegetation fraction by the NDVI dimidiated pixel model based on two Thematic Mapper (TM) images, by using spatial analysis and statistical techniques. The results indicated that the forest area and the vegetation fraction improved more evidently in the natural forest protection area than in the other area during the period of 1996 to 2004 in the study area. In addition, the degree of the vegetation change differed among different types of the natural forest protection area, the key ecological reserve area of the natural forest protection showed the most remarkable improvement. The results of the study suggest that this method is feasible and ecosystem conditions of the natural forest protection area have been improved as the result of the implementation of classified management policies.

**Key words:** Landsat TM image; natural forest protection area; spatial analysis techniques; land-use classification; vegetation fraction

前人主要利用 TM 等遥感影像从土地利用类型和面积、景观、生物量、水源涵养量等方面研究了天

然林保护措施对天保区的影响<sup>[1-4]</sup>。区域土地利用变化研究是全球变化研究的重要方面,目前国内外

收稿日期:2012-12-15

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(项目编号:CAFYBB2012020)

作者简介:陈巧(1977—),女,主要研究方向:林业遥感应用,电话:13366485325, Email:chengqiqo@163.com

\* 通讯作者:研究员,博士,博士生导师。主要从事信息技术林业应用研究。

已进行了大量区域土地利用变化的研究,且多侧重于耕地、城市土地利用变化以及土地利用变化对生态环境的影响<sup>[5-12]</sup>。植被覆盖度对于揭示地表时空变化规律、分析评价区域生态环境具有重要的现实意义。目前已发展了许多利用遥感测量植被覆盖度的方法,其中应用最广的方法是像元分解法、植被指数法以及经验模型法等<sup>[13-22]</sup>。

本文以TM遥感影像为基础,利用遥感和地理信息系统方法,结合空间分析和统计分析,揭示甘肃省清水县天然林保护区1996—2004年间土地利用和植被覆盖度的数量变化和空间变化特征,比较天保区与非天保区以及不同天保类型区间的差异,为该区生态环境保护以及进一步深入研究奠定基础。

## 1 研究区与数据

### 1.1 研究区概况

清水县位于甘肃省西南部,在 $34^{\circ}32' \sim 34^{\circ}56' N$ , $105^{\circ}45' \sim 106^{\circ}30' E$ 之间,面积 $2\,003.25\text{ km}^2$ 。全县可耕地占土地总面积的58%,林地占17%,天然草地占15.6%。其它用地占9.4%。原生天然植被以森林和森林草地为主,因人为破坏,已处于次生林状态,演替为次生林、灌丛草原和草原3个类型。天然林为落叶阔叶林,以杨(*Populus* spp.)、桦(*Betula* spp.)、栎(*Quercus* spp.)等杂木为主,针叶林有华山松(*Pinus armandi* Franch.),灌丛有虎榛子(*Ostryopsis davidiana* Decne.)等,草地植被以山地草原面积较大。

清水县境内天然林保护区域共89个,约占全县总面积的12.25%。包括3种类型,分别为重点生态保护区(不允许采伐),一般生态保护区(只允许少量的采伐)和商品林经营区(可有计划地进行采伐)。重点生态保护区的斑块数最多,面积最大,占天然林保护区总面积的67.38%,其次是一般生态保护区和商品林经营区,分别占18.94%和13.68%。

### 1.2 数据的收集与处理

1.2.1 数据源 甘肃省清水县天保工程于2000年正式启动,退耕还林工程于2002年正式启动。由于不同类型天保区内存在不同比例的农田,为了在反映不同类型天保区植被变化特征的同时尽可能减少退耕还林工程对天保区植被变化的影响,故选择1996年和2004年的数据来分别反映天保工程启动

前后4年的变化情况。遥感数据分别选取1996年和2004年的LandSat TM影像,时相均为夏季。辅助数据包括研究区1996年1:10万土地利用图和森林资源分布图,1:10万地形图,1:10万天然林保护工程规划图,甘肃省清水县社会经济统计资料以及2004年野外实地调查数据。

1.2.2 影像预处理 对TM数据进行辐射校正、正射校正、几何精校正、图像增强等预处理,采用最佳指数因子法选取波段347为最佳波段组合。几何精校在Erdas 9.0软件下完成,由于1996年的TM数据已做过正射校正和几何精校正。因此,直接将正射校正后的2004年TM遥感数据与其进行地理匹配,采用二次多项式校正方法,采集30个均匀分布的明显地物点(河流的交汇点,桥梁,道路的拐弯处等)作为控制点,地理坐标校正误差控制在1个像元内。

1.2.3 土地利用类型分类系统及分类方法 根据《土地利用现状调查技术规程》,结合研究对象的特点和研究目标的需要,将土地利用类型划分为有林地,灌木林地、疏林地、其他林地、高覆盖草,中覆盖草,低覆盖草,农田,居民地9个类型。根据最佳因子法判定结果对影像采用3、4、7波段组合,参照研究区森林资源分布图、土地利用图以及外业调查数据进行训练样区选择,采用最大似然方法进行监督分类。利用GPS野外采样对分类结果进行精度评价,总体分类精度为89.3%,Kappa指数为0.85,分类结果精度可满足后续分析的要求。

## 2 研究方法

### 2.1 植被覆盖度的计算及其分布特征分析

植被覆盖度是指单位面积内植被垂直投影面积所占地表面积的百分比。本研究利用像元二分模型计算研究区植被覆盖度。NDVI像元二分模型如下<sup>[16-23]</sup>:

$$F_c = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (1)$$

其中, $F_c$ 为该像元的植被覆盖度, $NDVI_{soil}$ 为无植被像元的NDVI值;而 $NDVI_{veg}$ 则代表纯植被像元的NDVI值。

NDVI为归一化植被指数,其计算公式如下:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (2)$$

式中,在TM影像中第4波段( $0.76 \sim 0.9\ \mu\text{m}$ )对应于近红外波段NIR,第3波段( $0.63 \sim 0.69$

$\mu\text{m}$ ) 对应于红波段 R。

Qi 等<sup>[22]</sup> 基于 Landsat TM、SPOT4 VEGETATION 和航片 3 种数据, 采用 NDVI 像元二分模型估算植被覆盖度, 研究了美国西南部的圣佩德罗 (San Pedro) 盆地地区的植被时空动态变化, 结果表明即使不经过大气纠正, 利用此模型也可以对植被动态变化做出可靠的估算; 陈晋等<sup>[19]</sup> 基于 Landsat TM 遥感影像, 利用亚像元模型计算草地、农田、林地、果园、城镇用地、水体和裸地的植被覆盖度, 总体估算精度为 75% 以上; 李苗苗等<sup>[21]</sup> 基于 Landsat TM 遥感影像, 利用 NDVI 像元二分模型计算密云水库上游植被覆盖度, 其估算精度可达 85%; 陈巧等<sup>[23]</sup> 探讨了基于 Quickbird 影像提取植被覆盖度的方法, 结果为利用 NDVI 像元二分模型提取植被覆盖度精度可达 90% 以上, 而 Quickbird 遥感影像第 3 波段和第 4 波段波谱范围与 TM 影像完全一致。马娜<sup>[20]</sup> 等利用 Landsat ETM+ 等数据, 研究了基于遥感和像元二分模型的内蒙正蓝旗植被覆盖度格局和动态变化。研究结果为: 在该研究区应用像元二分模型计算植被覆盖度的方法是简洁且有效的。由于研究区植被类型较为单一, 天然林以杨、桦、栎等杂木为主, 人工林以华山松为主, 灌丛为虎榛子, 草地植被以山地草原为主。因此, 利用 NDVI 像元二分模型计算该研究区的植被覆盖度是适合的。

将获得的植被覆盖度按 0.2 的间隔等分成 5 个等级, 获得清水县植被覆盖度分级图。利用清水县天然林保护区规划图对获得的土地利用类型图和植被覆盖度图进行切割, 获得清水县天然林保护区范围内土地利用类型图和植被覆盖度图。将同期土地利用类型图与植被覆盖度图进行空间叠加分析, 统计天然林保护区内每种土地利用类型的平均植被覆盖度。

## 2.2 土地利用类型变化特征分析方法

通过分析天然林保护区土地利用类型的总量变化, 可了解该区域土地利用变化总的态势和土地利用结构的变化。土地利用类型的变化率指数 (又称单一土地利用类型动态度) 以土地利用类型的面积为基础, 关注研究时段内类型面积变化的结果, 可反映各土地利用类型用地面积的变化幅度与变化速度以及区域土地利用变化中的类型差异。其模型如下<sup>[7-10]</sup>:

$$K_T = (U_b - U_a) / U_a \times 100\% \quad (3)$$

式中:  $K_T$  为研究时段  $T$  内研究区某一类土地利

用类型的变化率, 以百分比表示;  $U_a$  为研究时段初期该土地利用类型的面积,  $U_b$  为研究时段末期该土地利用类型的面积,  $T$  为研究时段, 模型结果表示该区此类土地利用类型的在  $T$  时段内的变化幅度。

## 2.3 植被覆盖度变化特征分析方法

在对甘肃省清水县 1996 年和 2004 年的植被覆盖度计算的基础上, 将两期天然林保护区的植被覆盖度值进行空间逐像元相减, 获得研究区植被覆盖度变化图。其模型如下<sup>[24]</sup>:

$$\Delta F_c = F1_c - F2_c \quad (4)$$

其中,  $\Delta F_c$  为 1996 年至 2004 年间该像元植被覆盖度的变化值,  $F1_c$  为该像元 2004 年植被覆盖度值,  $F2_c$  为该像元 1996 年植被覆盖度值。

根据植被覆盖度变化的高低将植被变化划分为不同变化等级。将  $\Delta f_c \leq -0.05$ , 定义为植被覆盖度减少;  $-0.05 < \Delta f_c < 0.05$ , 定义为植被覆盖度无变化;  $0.05 < \Delta f_c < 0.20$ , 定义为植被覆盖度中度增加;  $\Delta f_c > 0.20$ , 定义为植被覆盖度高度增加。

## 3 结果与分析

### 3.1 清水县天然林保护区总体分布状况

表 1 为基于 2004 年研究区 TM 遥感影像及天然林保护工程规划图获得的清水县天然林保护区各土地利用类型的面积百分比。从表 1 可知, 在 3 种生态保护区中, 所占面积比例居前三位的土地利用类型分别为农田, 低覆盖草, 中覆盖草, 3 种土地利用类型所占的面积百分比之和均超过该类保护区总面积的 75%; 对于有林地, 其在一般生态保护区和重点生态保护区中位居第 4 位, 但在商品林经营区中位居第 5 位; 在所有类型的生态保护区中, 灌木林地、疏林地所占比重不大, 不超过 3%; 居民地在 3 种生态保护区中所占比重最小, 不超过 1%。

表 1 2004 年清水县天然林保护区各土地利用类型面积百分比

类型	类型面积百分比				%
	天然林保护区	重点生态保护区	一般生态保护区	商品林经营区	
有林地	9.22	10.14	8.18	3.54	
灌木林地	2.19	2.70	1.22	0.00	
疏林地	0.39	0.36	0.13	1.24	
其它林地	5.29	4.69	6.81	7.05	
高覆盖草	5.22	6.54	2.22	0.48	
中覆盖草	12.81	13.25	13.21	8.14	
低覆盖草	22.82	22.87	22.02	24.19	
农田	41.94	39.37	46.22	54.62	
居民地	0.12	0.08	0.00	0.72	

图1为基于2004年研究区TM遥感影像,利用公式(1)和公式(2)获得植被覆盖度并按0.2的间隔等分为5级后的统计结果。从图中可知,各生态保护区植被覆盖度主要分布在0.2~0.8之间。植被覆盖度位于0.6~1.0之间时,3类保护区面积比例的顺序依次为:重点生态保护区>一般生态保护区>商品林经营区。植被覆盖度位于0~0.6之间时,3类保护区面积比例的顺序依次为:商品林经营区>一般生态保护区>重点生态保护区。说明2004年重点生态保护区平均植被覆盖度高于一般生态保护区和商品林经营区。

图2为2004年天然林保护区土地利用类型与平均植被覆盖度的关系图。从图中可以看出,有林地的平均植被覆盖度最高,接近0.8,其次是灌木、高覆盖草和疏林地,均超过了0.7。其他林地位列第4,其平均植被覆盖度超过了0.6。紧接着是中

覆盖草和低覆盖草,均在0.5以上,平均植被覆盖度较低的地类为农田和居民地,均在0.4以下。疏林地平均植被覆盖度较高的主要原因是林下生长了盖度较高的草。居民地平均植被覆盖度在0.2~0.3之间,原因是天保区内的居民地以农村居民地为主,其房前屋后分布有四旁树、杂草和灌木等植被,TM遥感影像获得的居民地光谱为农村居民地和周边植被的混合光谱,因此植被覆盖度偏高。农田平均植被覆盖度不高,接近0.4,原因是农作物类型不同,植被覆盖度差别较大,且农作物收获前后植被覆盖度差别更大。由于本研究中使用的两期TM影像均为夏季,两期农田平均植被覆盖度变化不大(变化不超过0.015),且农田植被覆盖度在本研究中不是重点,其对结论的形成影响不大,因此不作深入讨论。

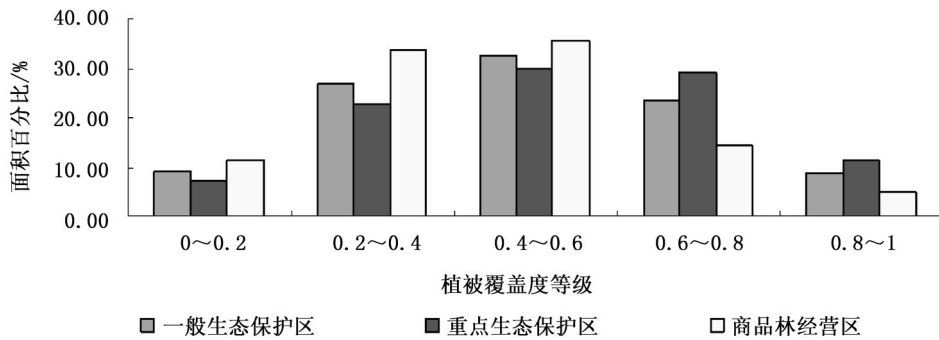


图1 清水县各类型天保区植被覆盖度分级比较

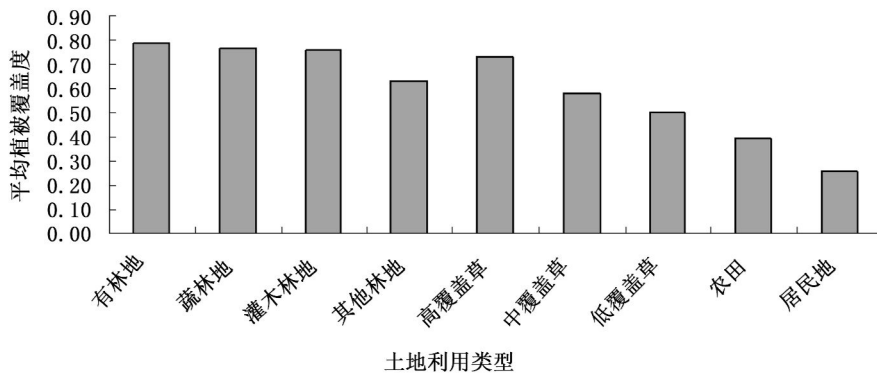


图2 2004年清水县天保区土地利用类型与平均植被覆盖度关系

### 3.2 各类型天保区土地利用类型变化特征分析

表2为1996年和2004年TM遥感影像按照土地利用分类系统进行土地利用分类,并将分类结果

按公式(3)计算后获得的结果。表2包括1996年至2004年间甘肃省清水县非天保区、天保区、重点保护区,一般保护区和商品林经营区5个区域各土地

利用类型面积变化幅度。

表2 1996—2004年清水县内不同天保类型区各地

地类	类面积的变动幅度					%
	非天保区	天保区	重点保护区	一般保护区	商品林经营区	
有林地	162.59	306.88	411.92	87.74	-	-
灌木	-16.44	13.53	18.73	-17.51	-	-
疏林地	-82.57	-86.14	-88.56	-94.07	-6.46	-6.46
其它林地	7 622.57	-	-	-	-	-
高覆盖草	-38.75	-24.22	-23.47	11.76	-86.26	-86.26
中覆盖草	-69.83	-58.65	-58.44	-58.55	-61.66	-61.66
低覆盖草	255.99	450.77	708.00	285.05	96.63	96.63
农田	-3.99	-17.31	-20.09	-10.75	-10.20	-10.20
居民地	7.14	1.25	2.88	-11.58	-0.10	-0.10
林地合计	72.17	144.37	144.63	98.28	761.11	761.11
植被合计	3.53	17.73	19.35	12.10	15.07	15.07

注：-代表1996年该区域内无该类型地类。林地包括有林地、灌木、疏林地和其他林地，植被包括林地和草地。

(1)从表1和表2看出,总体上看,1996—2004年清水县各区划范围内林地和植被面积均增加,其中有林地及低覆盖草都有较大幅度的增长,其它林地的增幅也较大,特别是在清水县天保区内,其它林地经历了一个从无到有的过程。另外,1996年清水县商品林经营区内无有林地和灌木,这一点比较符合商品经营区的规划原则。农田在各区内均减少,这与该时段内的退耕还林工程密切相关。居民地在各区内均增加。

(2)从表1和表2可知,清水县天保区和非天保区各地类的变动幅度具有较大差异。有林地在天保区中的增幅为306.88%,大于非天保区有林地162.59%的增幅;灌木在天保区中为增加,但在非天保区范围内则为减少;疏林地在天保区和非天保区内均减少,且减少幅度差别不大,分别为86.14%和82.57%;高覆盖草和中覆盖草在天保区和非天保区内也有不同程度的减少,总体上看,非天保区减少的幅度大于天保区内减少的幅度;农田在天保区和非天保区内也表现为减少,但天保区内的减少幅度大于非天保区的减少幅度;其它林地在天保区和非天保区内均为增加,但由于天保区内1996年没有其它林地,因此增加幅度无法计算。但总体来看,其它林地的增幅较大;低覆盖草在天保区和非天保区内均呈现较大的增长幅度,且天保区内的增长幅度更大,增幅分别为450.77%和255.99%。天保区内有林地、灌木林地、低覆盖草及其它林地的高增长幅度,直接导致了天保区林地面积增幅高于非天保区增幅2倍,植被面积增幅高于非天保区5倍。这说明天保工程的效果较为显著,植被覆盖已有了较大的增

长和改善。

(3)从表2可知,清水县不同保护区内各地类变动幅度各具特色。对于有林地和灌木,增幅最大的为清水县重点保护区,增幅分别为411.92%和18.73%;林地增幅较大,探讨其原因,主要有两方面:一方面本研究区天保工程从2000年启动,1996—2000年间全县开展了各种营造林活动,2000年以后由于重点生态区内实施了严格的封山育林、飞播造林、人工造林等措施,使得无论是新造林地还是原有林地都得到了充分而有效的保护与改善。而一般生态区、商品林区以及非天保区内,由于没有进行禁伐禁牧或者保护措施相对较弱,不管是新造林地还有原有林地都会不同程度遭到砍伐或破坏,因此有林地增幅相对较小。另一方面,尽管有林地面积在重点保护区增幅超过4倍,但面积增加的绝对值并不算大,从3.52 km<sup>2</sup>增加到18.02 km<sup>2</sup>,共增加了14.51 km<sup>2</sup>。因此,有林地面积增幅较大也与其初期值较小有关。对于疏林地,其在各区划范围内均有不同程度的减少,且在重点保护区内和一般保护区内的减少幅度比较接近,分别为88.56%和94.07%。疏林地在商品林经营区中的减少幅度不大,仅6.46%,这也比较符合商品林经营区的特色;农田在各区划范围内均有不同程度的减少,其中以重点保护区的减小幅度最大,为20.09%,其次是一般保护区,为10.75%,最后为商品林经营区,为10.20%;居民地在非天保区增幅最大为7.14%,一般保护区减幅达11.58%。低覆盖草均增加,增加幅度最大的为重点保护区,最小的为商品林经营区,一般保护区居中。值得注意的是,非天保区的低覆盖草也有将近2.6倍的增加,主要原因是清水县退耕还林工程于2002年正式启动,距离2004年仅2年时间,退耕苗木较小,且生态林退耕地一般仅进行株间除草或者不除草,其光谱特征与低覆盖草类似,因此低覆盖草中包含了大量的退耕初期地块。非天保区低覆盖草的增加主要受退耕还林工程影响,但其增幅仍远小于天保区内的增幅;中覆盖草均减少,减少幅度均在60%左右。高覆盖草在重点保护区和商品林经营区中都有不同程度的减少,但在一般保护区中呈现出11.76%的增幅。重点保护区中的有林地和低覆盖草的增幅远远大于其它两种保护区类型,而一般生态林中的有林地和低覆盖草的增长幅度也远大于商品林经营区,这导致了重点生态保

护区植被面积增幅大于另两种保护区类型,而因为1996年商品林经营区中林地面积很小,所以林地面积增幅较大。这体现出了重点保护区、一般保护区和商品林经营区不同区划类型的不同经营管理和水平,同时也说明清水县天保区的管理成效显著。

### 3.3 各类型天保区植被覆盖度变化特征分析

表3是基于1996年和2004年TM遥感影像,利用公式(1)和公式(2)获得1996年和2004年植被覆盖度图,并利用公式(4)获得1996年至2004年植被覆盖度变化图。表3包含重点保护区,一般保护区和商品林经营区3个区域的总面积,植被覆盖度变化面积及变化面积占各自总面积的比重。表3反映了甘肃省清水市各类型天保区植被覆盖度面积变化情况。

表3 甘肃省清水县各类型天保区植被覆盖度面积变化情况

保护区类型	总面积/km <sup>2</sup>	变化面积/km <sup>2</sup>	百分比/%
重点保护区	179.33	148.74	82.94
一般保护区	46.12	38.24	82.91
商品林经营区	22.00	17.27	78.48

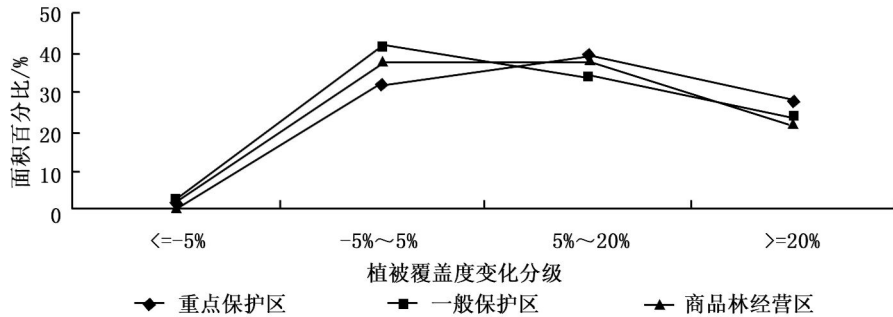


图3 1996—2004年清水县天然林保护区植被覆盖度分级变化

(3)从图3中可以进一步看出不同天保区植被覆盖度变化情况。图中:植被覆盖度减小( $\leq 5\%$ )面积的百分比排序为:一般生态保护区>重点生态保护区>商品经营区;植被覆盖度无变化( $-5\% \sim 5\%$ )面积的百分比排序为:一般生态保护区>商品林经营区>重点生态保护区;植被覆盖度中度增加( $5\% \sim 20\%$ )面积的百分比排序为:重点生态保护区>商品林经营区>一般生态保护区;植被覆盖度高度增加( $\geq 20\%$ )面积的百分比排序为:重点生态保护区>一般生态保护区>商品林经营区。

重点生态保护区植被覆盖度不变、中度增加、高度增加所占的比重分别为32.1%、39.4%和

(1)从表3中可以看出,甘肃省清水县天保工程重点保护区规划面积最大,为179.33 km<sup>2</sup>,植被覆盖度变化面积也最大为148.74 km<sup>2</sup>,变化面积占总面积的82.94%;其次是一般保护区,规划面积为46.12 km<sup>2</sup>,植被覆盖度变化面积为38.24 km<sup>2</sup>,变化面积占总面积的82.91%;面积最小的为商品林经营区,规划面积为22.00 km<sup>2</sup>,植被覆盖度变化面积为17.27 km<sup>2</sup>,变化面积占总面积的78.48%。从以上数据可以看出,重点保护区和一般保护区植被覆盖度面积变化的比重基本相当,为82%以上;商品林经营区的植被覆盖度面积变化的比重不到79%,比前两者低3个百分点。

(2)图3反映了甘肃省清水县各类型天保区植被覆盖度分级变化情况。从总体上看,各类型天保区在1996年至2004年期间植被覆盖度主要呈现出增长的趋势。从减少和增加的百分比上看,3种保护区植被覆盖度减少部分所占的比重都很小(最大不超过1.1%)。而植被覆盖度无变化区域,中度增加区域和高度增加区域面积比例均在20%以上。

28.2%,所占比重最大的部分为植被盖度中度增长区;一般生态保护区植被覆盖度不变、中度增加和高度增加所占的比重分别为41.8%、33.7%和23.4%,所占比重最大的为植被覆盖度不变区;商品林经营区植被覆盖度不变、中度增加和高度增加所占的比重分别为38.1%、39.0%和22.9%,所占比重最大的为植被覆盖度中度增长区。从3种生态保护区类型植被覆盖度增长面积所占的各自总面积的比重来看,重点生态保护区所占比重最大,为67.6%,其次是商品林经营区,为61.5%,比重最小的是一般生态保护区,为57.1%。

## 4 结论与讨论

(1)由保护区的总体情况可知,清水县天然林保护区以重点保护区为主,且重点保护区内植被覆盖度高于一般保护区和商品林经营区。基于2004年TM遥感影像,采用空间统计分析方法获得各土地利用类型与植被覆盖度关系图,各土地利用类型植被覆盖度由高到低的顺序为:有林地>灌木林地>高覆盖草>疏林地>其他林地>中覆盖草>低覆盖草>农田>居民地,这与前人的研究成果基本一致<sup>[25-26]</sup>。

(2)从天保区和非天保区土地利用变化对比来看,保护区内有林地、灌木、低覆盖草及其它林地增长幅度均高于非天保区。天保区林地面积增幅高出非天保区增幅2倍,植被面积增幅高出非天保区5倍。说明了天保工程的效果显著,林地面积和植被面积已有了较大的增长。

(3)从3个不同类型保护区土地利用变化和幅度来看,有林地、灌木及低覆盖草的增幅,重点保护区远远大于其它两种保护区类型,而一般生态林中的有林地和低覆盖草的增长幅度也远大于商品林经营区,这体现出了重点保护区、一般保护区和商品林经营区不同区划类型的不同经营管理方式和水平,同时也说明清水县天保区的管理成效显著。

(4)从植被覆盖度减少和增加的百分比上看,3种保护区植被覆盖度减少部分所占的比例都很小(最大不超过1.1%),增加的比例均较大(均超过了50%),说明天然林保护区经过合理的禁伐和限伐后,植被覆盖度在1996年至2004年间有了较大的增长,总体上看植被覆盖度呈现出增加的趋势,生态状况得到了明显改善。

(5)从3个不同类型保护区植被覆盖度变化差异来看,重点保护区中植被覆盖度中度增长和高度增长的比例都位居3种类型保护区之首,而植被覆盖度不变区面积则位居3种类型保护区之末。这也从另一个侧面体现了重点保护区与其它两类保护区类型的不同经营管理方式和水平,进一步证明了重点保护区保护力度更大,保护效果更好。

(6)本文在研究过程中仅从植被覆盖变化的角度对天然林保护区土地利用类型及植被覆盖度的分布特征及面积变化进行了分析。在下一步的研究中可对土地利用类型转移方向进行深入研究,找出天然林保护工程实施后植被类型间的变化方向和趋

势,为天然林保护工程的实施提供决策依据。

## 参考文献:

- [1] 张文广,胡远满,张晶,等. 岷江上游地区近30年森林生态系统水源涵养量与价值变化[J]. 生态学杂志,2007,26(7):1063-1067
- [2] 赵鹏祥,强建华,张会儒,等. 基于RS的黄土高原天然林资源时空动态变化分析[J]. 林业科学研究,2007,20(3):307-311
- [3] 毛学刚,范文义,李明泽,等. 黑龙江长白山森林生物量的时空变化分析[J]. 植物生态学报,2011,35(4):371-379
- [4] Dalle S P, Pulido M T, Blois S de. Balancing shifting cultivation and forest conservation: lessons from a "sustainable landscape" in southeastern Mexico [J]. *Ecological Applications*, 2011, 21(5): 1557-1572
- [5] Zheng Dao-lan, Linda S H, Mark J D, et al. Effects of land use/cover change and harvests on forest carbon dynamics in northern states of the United States from remote sensing and inventory data: 1992-2001 [J]. *Forest Science*, 2011, 57(6): 525-534
- [6] Zhang Ming-yang, Zhang Chun-hua, Wang Ke-lin, et al. Spatiotemporal variation of karst ecosystem service values and its correlation with environmental factors in northwest Guangxi, China [J]. *Environmental Management*, 2011, 48(5): 933-944
- [7] Zhang Qing-ling, Karen C Seto, Mapping urbanization dynamics at regional and global scales using multi-temporal DMS/OLS nighttime light data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2011, 115(9): 2320-2329
- [8] Angela Dikou, Evangelos Papapanagiotou, Andreas Troumbis. Integrating landscape ecology and geoinformatics to decipher landscape dynamics for regional planning [J]. *Environmental Management*, 2011, 48(3): 523-538
- [9] 李明财,郭军,熊明明. 基于遥感和GIS的天津建成区扩张特征及驱动力[J]. 生态学杂志,2011,30(07):1521-1528
- [10] 梁尧钦,曾辉,李菁. 深圳市大鹏半岛土地利用变化对植被覆盖动态的影响[J]. 应用生态学报,2012,23(1):199-205
- [11] Peng Jian, Liu Ying-hui, Shen Hong, et al. Vegetation coverage change and associated driving forces in mountain areas of northwestern Yunnan, China using RS and GIS [J]. *Environ Monit Assess*, 2012, 184:4787-4798
- [12] Nie Qin, Xu Jian-hua, Ji Min-he, et al. The vegetation coverage dynamic coupling with climatic factors in Northeast China transect [J]. *Environmental Management*, 2012, 50:405-417
- [13] Fretwell P T, Convey P, Fleming A H, et al. Detecting and mapping vegetation distribution on the Antarctic Peninsula from remote sensing data [J]. *Polar Biology*, 2011, 34(2): 273-281
- [14] Hadeel A S, Mushtak T Jabbar, Chen Xiao-ling. Environmental change monitoring in the arid and semi-arid regions: a case study Al-Basrah Province, Iraq [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2010, 167(1-4): 371-385
- [15] Tian Yong Q, Yu Qian, Marc J Zimmerman, et al. Differentiating aquatic plant communities in a eutrophic river using hyperspectral and multispectral remote sensing [J]. *Freshwater Biology*, 2010, 55

- (8): 1658 - 1673
- [16] Gutman G, Ignatov A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, 19(8): 1533 - 1543
- [17] Boyd D S, Foody G M, Ripple W J. Evaluation of approaches for forest cover estimation in the Pacific Northwest, USA, Using remote sensing[J]. *Applied Geography*, 2002, 22(4): 375 - 392
- [18] 程红芳,章文波,陈锋. 植被覆盖度遥感估算方法研究进展[J]. *国土资源遥感*, 2008, 75(1), 13 - 18
- [19] 陈晋,陈云浩,何春阳,等. 基于土地覆盖分类的植被覆盖率估算亚像元模型与应用[J]. *遥感学报*, 2001, 5(6): 416 - 422
- [20] 马娜,胡云锋,庄大方,等. 基于遥感和像元二分模型的内蒙古正蓝旗植被覆盖度格局和动态变化[J]. *地理科学*, 2012, 32(2): 251 - 256
- [21] 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
- [22] Qi J, Marsett R C, Moran M S, *et al.* Spatial and temporal dynamics of vegetation in the San Pedro River basin area[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2000, 105: 5 - 68
- [23] 陈巧,陈永富. QuickBird 遥感数据监测植被覆盖度的研究[J]. *林业科学研究*, 2005, 18(4): 375 - 380
- [24] 袁愈才,周晓光,杨小晴,等. 基于 ERDAS 平台的 NDVI 植被覆盖变化检测[J]. *测绘信息与工程*, 2011, 36(5): 11 - 13
- [25] 刘占宇,黄敬峰,吴新宏,等. 天然草地植被覆盖度的高光谱遥感估算模型[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(6): 997 - 1002
- [26] 马驰,卢玉东. 重庆南部 TM 图像植被指数与植被覆盖度信息的关系研究[J]. *水土保持研究*, 2008, 15(6): 136 - 138