

# 岷江源头区农林复合景观变化对土壤侵蚀强度的影响

刘 洋<sup>1,2,3</sup>, 李春阳<sup>1</sup>, 龙 翼<sup>4</sup>

(1. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 2. 中国科学院成都生物研究所, 成都 610041;  
3. 西南交通大学环境科学与工程学院, 成都 610031; 4. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

**摘 要:** 研究植被景观对土壤侵蚀的影响对旨在控制水土流失的流域生态恢复工作来说十分重要。该文利用遥感和 GIS 技术对岷江源头区的农林复合景观和土壤侵蚀强度的变化进行分析, 并从景观角度分析了该区域农林复合景观变化对土壤侵蚀强度变化的影响。从不同景观类型对土壤侵蚀强度的控制能力大小看: 针叶林>落叶阔叶林>针阔混交林>灌丛>草地>农用地。对于除农用地以外的其他植被景观类型来说, 增加其平均斑块面积和形状的复杂性会在一定程度上减少土壤侵蚀强度。而对于农用地来说, 斑块形状的简单化以及均匀镶嵌的分布形式则是减少土壤侵蚀强度的有效手段。

**关键词:** 土地利用, 植被, 土壤侵蚀强度, 农林复合景观, 岷江源头区

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.07.042

中图分类号: S718.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-7-0232-05

刘 洋, 李春阳, 龙 翼. 岷江源头区农林复合景观变化对土壤侵蚀强度的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 232—236.

Liu Yang, Li Chunyang, Long Yi. Relationship between agroforest landscape and soil erosion intensity in Minjiang headwater region[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7): 232—236. (in Chinese with English abstract)

## 0 引 言

植被与土壤侵蚀的关系一直是人们研究的重要内容<sup>[1-2]</sup>。多数研究认为增加植被覆盖是控制土壤侵蚀的重要举措, 不同的植被类型及其搭配组合控制水土流失的效益不同, 合理的镶嵌格局可以进一步增强土壤侵蚀控制能力<sup>[3]</sup>。这也说明要想有效控制土壤侵蚀, 首先要合理的选择植物物种及其搭配, 也要合理的设计植被空间分布格局, 这就成为景观生态学中景观要素和景观格局与生态过程关系的研究<sup>[4]</sup>。

岷江源头区的植被景观格局在近几十年中变化剧烈<sup>[5-6]</sup>, 这无疑会影响该区域的土壤侵蚀情况。李崇巍等<sup>[7]</sup>探讨了该地区水土保持与若干景观指数的相关关系, 但时间尺度仅有 4 a, 不足以反映很多自然植被的恢复过程。因此, 有必要进行较大时间尺度的, 能充分体现生态系统对人类干扰反应的研究。

## 1 研究区域

岷江是长江水系中一条重要的支流, 其源头地区属长江的重要源头区域。岷江源头区位于青藏高原东缘, 横断山脉中段北端的高山峡谷区, 生态地质环境复杂脆弱。地理纬度 31°25'~32°38'N, 经度 102°35'~104°15'E, 海拔 1 790~5 588 m, 总面积 11 081.4 km<sup>2</sup>, 主要分布在

四川省阿坝藏羌自治州的黑水县和松潘县境内 (详见图 1)。区域内干湿季节差异显著, 雨量多集中在湿季 (当年 5 月至 10 月)。研究区的植被垂直分布明显。

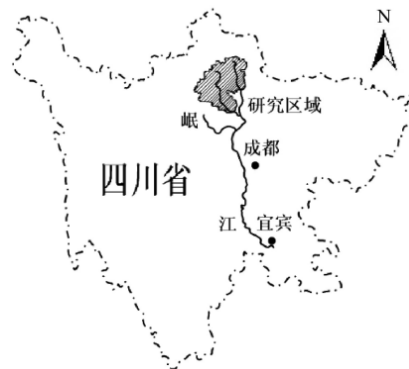


图 1 研究区域地理位置

Fig.1 Location of study region

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源与处理

利用 ERDAS 软件对 1974 年 (MSS)、1994 年 (TM) 和 2002 年 (ETM) 3 个时期的 Landsat 遥感影像进行解译, 将研究区域内的植被分为针叶林、落叶阔叶林、针阔混交林、灌丛、草地和农用地 6 类。辅助解译数据有由北京林科院提供的 1994 年植被类型图, 研究区域 90 m 分辨率的 DEM 影像, 2004 年植被实地调查 GPS 地面点等; 降雨数据由岷江流域上游及周边地区的 51 个雨量站提供的 1974、1994 和 2002 年月降水量资料; 研究区域 1:100 万土壤类型图由四川理工大学提供, 土壤类型编码采用国标《中国土壤分类与代码: 土纲、亚纲、土类

收稿日期: 2008-10-01 修订日期: 2009-07-17

基金项目: 国家杰出青年科学基金项目 (30525036); 国家科技部、中国科学院与芬兰科学院共同资助的重点国际合作项目 (2005DFA30620); 国际科学基金项目 (D/4255-1)

作者简介: 刘 洋 (1978—), 女, 山东诸城人, 研究方向: 生态建模和水土保持。成都 西南交通大学环境科学与工程学院, 610031。

Email: longwangyun@gmail.com

和亚类分类与代码》标准。

2.2 土壤侵蚀模拟计算

监测土壤年流失量的模型或方程很多，有通用土壤侵蚀方程（USLE）、ABIMO、ANSWERS 等。但从其为主管部门所采用，各国都在广泛应用和对遥感数据处理的适应性而论，则以 USLE 为佳<sup>[8-9]</sup>。USLE 是由美国农业部农业研究所于 1978 年提出的<sup>[10]</sup>。由于其形式简单，对数据要求不高，至今仍被普遍应用于很多模型的算法中，如 SWAT、AGNPS 等<sup>[11-12]</sup>。近年来，在遥感和 GIS 技术的支持下，USLE 模型也进入了改造、充实和发展的新时期，使土壤侵蚀的定量预测分析走向了动态监测与

规划的新阶段<sup>[13]</sup>。根据 USLE 方程的形式，利用 ERDAS 和 ArcGIS 将所得的各因子进行叠加，最终得到岷江源头区的土壤侵蚀强度分布图（详见图 2）。

然后用收集到的该区域 1994 年和 2002 年集水盆地控制水文站径流泥沙数据以及该流域的泥沙输移比计算结果进行验证，准确度在 62.8%~90.1%之间。模拟结果较为满意<sup>[14]</sup>。根据国家水利部公布的土壤侵蚀强度划分标准，将研究区域划分为无侵蚀区（<500 t/km<sup>2</sup>·a）、轻度侵蚀区（500~2 500 t/km<sup>2</sup>·a）、中度侵蚀区（2 500~5 000 t/km<sup>2</sup>·a）和强度侵蚀区（5 000~8 000 t/km<sup>2</sup>·a）4 个等级（详见表 1）。

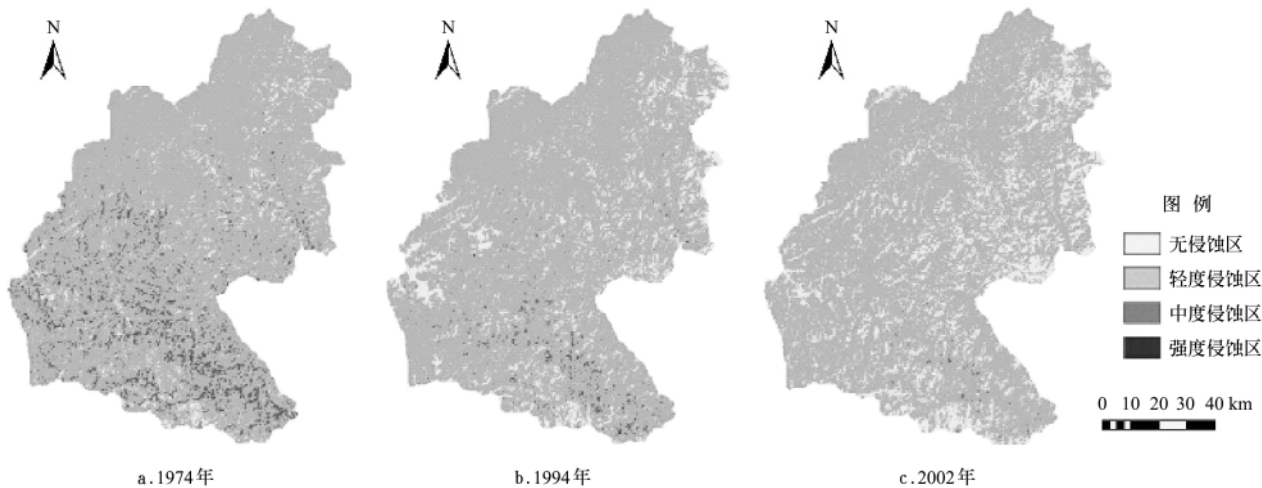


图 2 1974、1994 和 2002 年岷江源头区土壤侵蚀区分布  
Fig.2 Spatial distribution of erosion region in Minjiang headwater region in 1974, 1994 and 2002

表 1 1974 年、1994 年和 2002 年岷江源头区土壤侵蚀强度变化  
Table 1 Variation of soil erosion intensity in Minjiang headwater region in 1974, 1994 and 2002

年份	无侵蚀区		轻度侵蚀区		中度侵蚀区		强度侵蚀区	
	面积/km <sup>2</sup>	面积百分比/%	面积/km <sup>2</sup>	面积百分比/%	面积/km <sup>2</sup>	面积百分比/%	面积/km <sup>2</sup>	面积百分比/%
1974	2 863.66	25.84	7 681.54	69.32	534.54	4.82	1.68	0.02
1994	3 557.65	32.10	7 391.43	66.70	133.08	1.20	0.26	0
2002	4 511.55	40.71	6 547.49	59.08	22.37	0.20	0.01	0

3 结果与分析

3.1 面积指数对土壤侵蚀强度的影响

植被景观能从两方面影响土壤侵蚀：影响直接溅落的雨滴的数量、速度；对侵蚀的土壤颗粒有一定的阻拦作用<sup>[15]</sup>。而且，植被斑块的扩张可以切割地表径流，从而减少地表径流对土壤颗粒的运输能力<sup>[16]</sup>。

由表 2 可知，从面积指数（CA）看，不同景观类型对土壤侵蚀强度的影响存在着很大差异。从 1974 年到 2002 年期间，约 70%的“无侵蚀区”分布着针叶林和草地这两种主要的景观类型；近 70%的“轻度侵蚀区”被草地和灌丛占据；而“强度侵蚀区”的主导植被类型则在不同时期略有变化。1974 年，大约 82%的“强度侵蚀区”由农用地和草地占有；1994 年，近 77%的“强度侵蚀区”的主导植被类型是农用地；2002 年，仅存的极少

量“强度侵蚀区”则分布在灌丛区域。

对针阔混交林和落叶阔叶林这种类型面积较少的景观类型来说，可以通过其在各种侵蚀强度区中分布的比例比较其与土壤侵蚀强度的相关性。针阔混交林和落叶阔叶林都主要分布在无侵蚀区和轻度侵蚀区，在中度侵蚀区的分布还不到总面积的 2%，而在强度侵蚀区中完全没有分布。但这两种景观类型在无侵蚀区和轻度侵蚀区中的分布比例还是有差别的。针阔混交林大约有 26%~34%分布在无侵蚀区中，其余的 64%~73%则分布在轻度侵蚀区中。落叶阔叶林大约有 27%~45%分布在无侵蚀区中，其余的 54%~72%则都分布在轻度侵蚀区中。因此，从控制土壤侵蚀强度的能力大小看：针叶林>落叶阔叶林>针阔混交林>灌丛>草地>农用地。

尽管 Dunjo 等<sup>[17]</sup>在其研究中指出松林会增加土壤侵蚀。但这里我们应该认识到，其研究对象是干旱环境下

的以松属为主的针叶林，其群落结构简单，大多只有单层结构。而本文研究的针叶林是以云、冷杉为主的亚高山针叶林，其群落内部组成更加复杂，结构层次也更加丰富，地表覆被情况要比干旱环境下的松林好得多。

表 2 岷江源头区内不同景观类型在不同土壤侵蚀强度区的面积  
Table 2 Area of landscape classes in different soil erosion intensity regions in Minjiang headwater region

		km <sup>2</sup>			
		无侵蚀区	轻度侵蚀区	中度侵蚀区	强度侵蚀区
针叶林	1974	1 186.85	1 924.71	54.46	0.02
	1994	1 325.47	1 422.30	7.57	0
	2002	2 266.99	1 232.81	0.64	0
针阔混交林	1974	48.67	88.34	3.32	0
	1994	66.40	183.26	2.06	0
	2002	174.46	335.23	0.90	0
落叶阔叶林	1974	9.39	14.71	0.49	0
	1994	50.10	135.14	1.87	0
	2002	84.52	96.88	0.20	0
灌丛	1974	529.29	2 114.81	169.45	0.29
	1994	544.55	1 817.76	20.29	0.02
	2002	795.36	1 950.81	1.81	0.01
草地	1974	870.82	3 221.38	271.87	0.63
	1994	1 037.32	3 159.69	41.95	0.03
	2002	902.72	2 608.81	7.46	0
农用地	1974	38.24	156.61	30.96	0.74
	1994	177.72	479.19	55.19	0.20
	2002	90.36	232.59	11.28	0

3.2 其他景观指数对土壤侵蚀强度的影响  
除面积指数以外，各景观类型的其他景观指数对土

壤侵蚀强度的影响程度也并不完全一致，为了能够更加全面地对各种景观类型的影响能力进行分析，这里选取在各景观类型中大都对土壤侵蚀强度产生较明显影响的三个景观指数来进行分析。它们是平均斑块面积（*MPS*，用来表征景观斑块的尺寸和破碎程度，当斑块越小越破碎时，*MPS* 值减小）、平均斑块形状指数（*MSI*，用来表征景观斑块的形状的复杂性，当斑块形状偏离正方形时，*MSI* 值增大）和散布与并列指数（*IJI*，用来表征景观的空间异质性，当景观斑块空间连接性不好，比较破碎分散时，*IJI* 值减小），详见表 3。

对针叶林来说，总体上，平均斑块面积（*MPS*）和平均斑块形状指数（*MSI*）大部分都在“无侵蚀区”达到最大值，并随着土壤侵蚀等级的增加而逐渐减小。当针叶林的平均斑块面积达到 12 km<sup>2</sup> 以上，同时，平均斑块形状指数达到 1.27 以上时，则针叶林最可能分布在无侵蚀区；当针叶林的平均斑块面积在 4~12 km<sup>2</sup>，同时，平均斑块形状指数值在 1.10~1.25 时，则针叶林最可能分布在轻度侵蚀区；当针叶林的平均斑块面积小于 4 km<sup>2</sup>，同时，平均斑块形状指数小于 1.10 时，则针叶林最可能分布在中度侵蚀区，甚至是强度侵蚀区。即针叶林斑块的破碎化以及斑块形状的简单化加剧了土壤侵蚀。针叶林的散布与并列指数（*IJI*）对土壤侵蚀的影响并不是很明显。这说明，针叶林景观类型的破碎度指数和斑块形状指数对土壤侵蚀强度的影响比较明显，而针叶林斑块的分布形式对土壤侵蚀强度的影响不大。因此，在以水土保持为目的的针叶林封育和种植工作中，应该注意扩大针叶林斑块的面积，最好能大于 12 km<sup>2</sup>，同时，应该保持针叶林斑块形状的复杂性，平均斑块形状指数最好能大于 1.27。

表 3 岷江源头区内不同景观类型在不同土壤侵蚀强度区的景观指数

Table 3 Landscape indices of different vegetation types in different soil erosion intensity regions in Minjiang headwater region

景观指数		针叶林			针阔混交林			落叶阔叶林			灌丛			草地			农用地		
		MPS	MSI	IJI	MPS	MSI	IJI	MPS	MSI	IJI	MPS	MSI	IJI	MPS	MSI	IJI	MPS	MSI	IJI
无侵蚀区	1974	12.21	1.27	64.26	3.47	1.08	58.82	3.85	1.07	75.53	4.35	1.13	56.84	5.49	1.19	58.30	2.72	1.03	56.40
	1994	17.68	1.30	58.10	4.42	1.15	66.84	3.45	1.09	83.71	4.41	1.13	89.48	5.68	1.18	82.49	5.86	1.19	38.34
	2002	22.3	1.30	70.30	3.83	1.09	85.85	3.34	1.07	77.74	5.15	1.17	66.33	6.13	1.21	61.52	3.82	1.09	95.05
轻度侵蚀区	1974	17.49	1.38	57.08	3.57	1.08	72.56	3.85	1.08	84.11	15.30	1.37	54.72	23.60	1.32	58.81	3.34	1.07	48.82
	1994	4.71	1.13	76.32	4.45	1.15	82.76	5.30	1.19	76.70	15.68	1.36	73.64	30.27	1.32	69.15	9.60	1.27	36.48
	2002	6.88	1.25	67.59	4.57	1.14	80.75	3.15	1.07	89.48	13.64	1.33	78.47	23.58	1.26	70.74	6.11	1.15	87.91
中度侵蚀区	1974	3.23	1.06	52.48	2.59	1.02	74.85	2.53	1.01	74.62	5.06	1.13	52.03	6.04	1.16	59.87	3.83	1.08	42.13
	1994	2.25	1.00	75.37	2.25	1.00	91.74	2.46	1.01	73.38	3.04	1.11	61.85	3.60	1.16	49.36	7.19	1.60	35.61
	2002	2.39	1.00	85.50	2.40	1.01	59.09	2.25	1.00	43.07	2.71	1.02	64.00	3.83	1.08	46.73	5.49	1.14	60.26
强度侵蚀区	1974	2.25	1.00	0	—	—	—	—	—	—	2.42	1.00	45.55	2.83	1.03	61.26	3.75	1.10	0
	1994	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.88	1.06	0
	2002	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

对针阔混交林和落叶阔叶林来说，它们在强度侵蚀区没有分布，平均斑块面积和平均斑块形状指数在无侵蚀区和轻度侵蚀区的取值比较大，在中度侵蚀区则明显较小。但是在无侵蚀区和轻度侵蚀区之间并没有明显的差异。当针阔混交林和落叶阔叶林斑块的平均斑块面积

大于 3 km<sup>2</sup>，同时，平均斑块形状指数大于 1.07 时，这些景观斑块最有可能分布在无侵蚀区和轻度侵蚀区；当针阔混交林和落叶阔叶林景观斑块的平均斑块面积在 2~3 km<sup>2</sup>，同时，平均斑块形状指数取值在 1.00~1.07，这些景观斑块则最有可能分布在中度侵蚀区。这表明增加

针阔混交林和落叶阔叶林的斑块尺寸和将斑块形状复杂化可以在一定程度上控制土壤侵蚀,但这种控制能力并不像针叶林那样明显,尤其是在无侵蚀区效果不如针叶林。同时,针阔混交林和落叶阔叶林的散布与并列指数土壤侵蚀的影响也不是很明显。这说明,对针阔混交林和落叶阔叶林景观类型的破碎度指数和斑块形状指数对土壤侵蚀强度的影响比较明显,而其景观斑块的分布形式对土壤侵蚀强度的影响不大。这点与针叶林景观类型一致,但在相应的植树造林工作中只需注意将斑块的平均面积保持在  $3 \text{ km}^2$  以上,同时,斑块形状的复杂性也要进行一定的控制。

对于灌丛来说,平均斑块面积和平均斑块形状指数的最大值出现在“轻度侵蚀区”,次大值则主要分布在“无侵蚀区”,最小值出现在土壤侵蚀等级最高的“强度侵蚀区”。当灌丛的平均斑块面积在  $13 \sim 16 \text{ km}^2$ ,同时,平均斑块形状指数达到 1.33 以上时,灌丛最可能分布在轻度侵蚀区;当灌丛的平均斑块面积在  $4 \sim 6 \text{ km}^2$ ,同时,平均斑块形状指数在  $1.13 \sim 1.17$  时,则灌丛最可能分布在无侵蚀区;当灌丛的平均斑块面积在  $2.5 \sim 4.0 \text{ km}^2$ ,同时,平均斑块形状指数在  $1.02 \sim 1.13$  时,则灌丛最可能分布在中度侵蚀区;当平均斑块面积小于 2.5,同时,平均斑块形状指数小于 1.02 时,灌丛最可能分布在强度侵蚀区。这说明,灌丛的破碎化以及斑块形状的简单化加剧了土壤侵蚀。然而,一味地增加灌丛景观类型的斑块平均面积和斑块形状的复杂性,只会增加“轻度侵蚀区”的面积,尤其是当斑块的平均斑块面积大于  $13 \text{ km}^2$  或平均斑块形状指数大于 1.33 时。而且,灌丛的散布与并列指数随着土壤侵蚀强度的增加而减少,这说明,灌丛斑块分布愈加均匀离散并且与其他景观类型的镶嵌性越强,对土壤侵蚀抑制作用就越好。

对于草地来说,其对土壤侵蚀强度的影响与灌丛十分相似。草地的平均斑块面积和平均斑块形状指数的最大值也是出现在“轻度侵蚀区”,次大值主要分布在“无侵蚀区”,最小值则出现在土壤侵蚀等级最高的“强度侵蚀区”。当草地景观的平均斑块面积在  $23 \sim 31 \text{ km}^2$ ,同时,平均斑块形状指数达到 1.26 以上时,草地最可能分布在轻度侵蚀区;当草地的平均斑块面积在  $5 \sim 7 \text{ km}^2$ ,同时,平均斑块形状指数在  $1.18 \sim 1.21$  时,则草地最可能分布在无侵蚀区;当草地的平均斑块面积在  $3 \sim 4 \text{ km}^2$ ,同时,平均斑块形状指数在  $1.08 \sim 1.16$  时,则草地最可能分布在中度侵蚀区;草地的平均斑块面积小于  $3 \text{ km}^2$ ,同时,平均斑块形状指数在小于 1.08 时,灌丛最可能分布在强度侵蚀区。这说明,草地的破碎化以及斑块形状的简单化在一定程度上加剧了土壤侵蚀。然而,同灌丛一样,一味地增加景观类型的斑块平均面积和斑块形状的复杂性,只会增加“轻度侵蚀区”的面积,尤其是当斑块的平均斑块面积大于  $23 \text{ km}^2$  或平均斑块形状指数大于 1.26 时。因此,在“退耕还草”等工作中,应该注意控制草地斑块的尺寸,尽量避免巨型斑块的产生,同时控制斑块形状的复杂程度,最好是将平均斑块形状指数取在 1.20 左右。而且,草地的散布与并列指数对土壤侵蚀

的影响并不是很明显。这说明草地景观类型的分布形式对土壤侵蚀强度的影响不大。

对于农用地来说,平均斑块形状指数随土壤侵蚀强度减弱而减小,散布与并列指数随着土壤侵蚀强度减弱而增加,平均斑块面积指数与土壤侵蚀强度的相关性并不是很明显。这表明,与其他几种景观类型不同,农用地斑块形状的简单化反而会减少土壤侵蚀。这可能是由于农用地与其他植被类型不同,它不仅不能够减少土壤侵蚀,反而会增加土壤侵蚀。而其愈加均匀离散的斑块分布形式则会抑制土壤侵蚀,这点与灌丛相同。

#### 4 结 论

1) 从控制土壤侵蚀强度的能力大小看,不同景观类型之间也存在着差异:针叶林>落叶阔叶林>针阔混交林>灌丛>草地>农用地。

2) 对于针叶林、落叶阔叶林、针阔混交林、灌丛和草地等植被景观类型来说,增加其平均斑块面积和形状的复杂性会在一定程度上减少土壤侵蚀强度。但这种方法的效果也会因不同的植被景观类型而有所差异。对针叶林、针阔混交林和落叶阔叶林等林地景观类型而言,最大限度地扩大斑块的平均尺寸并增加斑块形状的复杂性会扩大“无侵蚀区”的面积。同样的处理用于灌丛和草地斑块则很可能会增加“轻度侵蚀区”的面积。对于农用地来说,增加平均斑块面积的影响还不能肯定,但是增加农用地斑块形状的复杂程度则很可能增加“中度侵蚀区”的面积。同时,对于灌丛和农用地这两种对土壤侵蚀控制力较弱的景观类型来说,愈加均匀和分散的分布形式,能使其与其他各景观类型交错分布,使景观的镶嵌性增强,增加景观的空间异质性,对减少土壤侵蚀有着积极的作用。

现在的生态恢复工作大多片面地以植树造林的总面积为衡量指标,这对水土保持工作有一定的误导。不同植被种类的合理的分布格局能进一步控制土壤侵蚀。

#### [参 考 文 献]

- [1] 徐宪立, 马克明, 傅伯杰, 等. 植被与水土流失关系研究进展[J]. 生态学报, 2006, 26(9): 3137—3143.  
Xu Xianli, Ma Keming, Fu Bojie, et al. Research review of the relationship between vegetation and soil erosion[J]. Acta Ecology Sinica, 2006, 26(9): 3137—3143. (in Chinese with English abstract)
- [2] 王晓燕, 陈洪松, 王克林. 红壤坡地不同土地利用方式土壤蒸发和植被蒸腾规律研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 41—45.  
Wang Xiaoyan, Chen Hongshong, Wang Kelin. Rules of soil evaporation and plant transpiration under different land use patterns in the sloping land of red soil[J]. Transaction of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(12): 41—45. (in Chinese with English abstract)
- [3] Braud I, Vich A I J, Zuluaga J, et al. Vegetation influence on runoff and sediment yield in the Andes region: observation and modeling[J]. J Hydrol, 2001, 254: 124—144.
- [4] 郭建国. 景观生态学: 概念与理论[J]. 生态学杂志, 2000,

- 19(1): 42—52.
- Wu Jianguo. Landscape concepts and theories[J]. Chinese Journal of Ecology, 2000, 19(1): 42—52. (in Chinese with English abstract)
- [5] 胡志斌, 何兴元, 李月辉, 等. 岷江上游农林复合景观管理优先度评价[J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 63—69.
- Hu Zhibin, He Xingyuan, Li Yuehui, et al. Priority evaluation of the agroforest landscape management of the upper reaches of Min River[J]. Transaction of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(12): 63—69. (in Chinese with English abstract)
- [6] 刘洋, 李开源, 李勇. 岷江源头区 1974~2002 年植被景观变化及驱动因子分析[J]. 人民长江, 2007, (1): 108—110.
- Liu Yang, Li Kaiyuan, Li Yong. Dynamic variation of vegetation landscape pattern and driving factors in origin of the Minjiang River[J]. Yangtze River, 2007, (1): 108—110. (in Chinese with English abstract)
- [7] 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): 691—698.
- Li Chongwei, Liu Shirong, Sun Pengsen, et al. Analysis on landscape pattern and eco-hydrological characteristics at the upstream of Minjiang River[J]. Acta Ecology Sinica, 2005, 25(4): 691—698. (in Chinese with English abstract)
- [8] Renard K G, Foster G R, Yoder D C, et al. RUSLE revisited: status, questions, answers, and the future[J]. J of Soil & Water Conser, 1994, 49: 213—220.
- [9] 卜兆宏, 孙金庄, 周伏建, 等. 土壤侵蚀定量遥感方法及其应用的研究[J]. 土壤学报, 1997, 34(3): 235—245.
- Bu Zaohong, Sun Jinzhuang, Zhou Fujian, et al. A study on quantitative remote sensing method of soil erosion and its application[J]. Acta Pedologica Sinica, 1997, 34(3): 235—245. (in Chinese with English abstract)
- [10] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting erosion losses: a guide to conservation planning[M]. U.S. Dept of Agriculture, Agricultural Research Service, 1978, Agri. Handbook No. 537.
- [11] 陈振金, 刘用清, 郑大增. USLE 方程在我省生态型建设项目环评中的应用[J]. 福建环境, 1995, 12(2): 12—14.
- Chen Zhenjing, Liu Yongqin, Zhen Dazeng. Application of USLE in ecological programs in Fujian province, China[J]. Fujian Environment, 1995, 12(2): 12—14. (in Chinese with English abstract)
- [12] Steinhardt U, Volk M. Meso-scale landscape analysis based on landscape balance investigations: problems and hierarchical approaches for their resolution[J]. Ecol Model, 2003, 168: 251—265.
- [13] Smith H R, Jankowski A P. Slope length calculation from a DEM within ARC/INFO GRID[J]. Comput Environ Urban Syst, 1994, 18: 365—380.
- [14] 刘洋, 王桂晨. 岷江源头区土壤侵蚀模拟计算与动态分析[J]. 世界科技研究与发展, 2007, 29(1): 67—70.
- Liu Yang, Wang Guicun. Simulating Calculation and Dynamic Analysis of Soil Erosion in Headwater Region of Minjiang River[J]. World SCI-TECH R&D, 2007, 29(1): 67—70. (in Chinese with English abstract)
- [15] Gurnell A M, Gregory K J. Interaction between semi-natural vegetation and hydrogeo-morphological processes[J]. Geomorphology, 1995, 13: 49—69.
- [16] Shoshany M, Kelman E. Assessing mutuality of change in soil and vegetation patch pattern characteristics by means of Cellular Automata simulation[J]. Geomorphology, 2006, 77(1—2): 35—46.
- [17] Dunjo G, Pardini G, Gispert M. The role of land use- land cover on runoff generation and sediment yield at a microplot scale, in a small Mediterranean catchment[J]. J Arid Environ, 2004, 57: 99—116.

## Relationship between agroforest landscape and soil erosion intensity in Minjiang headwater region

Liu Yang<sup>1,2,3</sup>, Li Chunyang<sup>1</sup>, Long Yi<sup>4</sup>

(1. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

2. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

3. Faculty of Environmental Science and Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

4. Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** The study about the effect of vegetable landscape on the soil erosion is important for the ecology reconstruction which aims at controlling soil erosion. Dynamic variations of agroforest landscape pattern and soil erosion intensity were analyzed using remote sensing and GIS techniques. And the effects of land scape variation on soil intensity were analyzed from the view of land scape. Taking the mitigating effect on erosion intensity into consideration, landscape classes could be arranged in the order: coniferous forest > deciduous forest > mixed forest > shrub > grassland > cultivated land. At the same time, for most landscape classes, except for cultivated land, increasing the mean patch size and complicating the shape of patch will be helpful to relieve the erosion intensity. However, for cultivated land, simplifying the shape of patch and scattering the patches have the same effect.

**Key words:** land use, vegetation, soil erosion intensity, agroforest landscape, Minjiang headwater region