

济南市南部山区小流域景观格局分析¹⁾

秦艳红¹, 王立红¹, 赵红兵²

(1. 山东师范大学人口·资源与环境学院, 济南, 250014; 2. 山东省水利厅水土保持处, 济南, 250013)

摘 要: 根据 2000 年 spot 影像资料, 应用地理信息系统软件 ARC/INFO 进行解译, 并参照地形图、土地利用图等图件得到研究区景观类型图。应用景观生态学的方法, 对各流域的景观格局分别进行定量计算, 并进行比较研究。研究表明, 各流域优势景观各有不同, 从锦阳川至锦绣川、锦云川, 景观多样性程度降低, 优势度升高, 林地破碎化程度增强, 从而导致水土流失程度加深, 人文因素是导致景观格局空间差异的主导因素。

关键词: 景观格局; 流域; 水土流失

中图分类号: P94, X144

文献标识码: A

不同的土地利用方式可增加或减少径流和土壤侵蚀^[1], 不合理的土地利用导致的土壤性质变异可以通过“级联效应”对景观格局产生影响, 通过影响景观格局变化进而影响水土流失。以锦绣川、锦阳川、锦云川为汇水区的卧虎山水库自建成以来, 库容不断减小, 主要是由于流域内土地利用的不合理产生了不合理的景观格局, 从而导致水土流失、泥沙淤积造成的。通过对地表景观空间格局进行分析, 能够揭示出地表土地利用的不合理性, 从而为景观生态规划提供有力依据。

1 研究区概况

研究区地处济南市南部山区, 由锦绣川(部分)、锦阳川、锦云川三川即三个小流域构成, 总面积 379.75 km², 各流域面积分别为 146.40 km², 179.64 km², 53.71 km²。气候类型属于温带大陆性季风气候, 多年平均降水量约为 650 mm, 夏季汛期降水量占全年降水的 70% 以上, 每遇暴雨容易形成源短流急的洪水。地表植被以松柏为主, 其组成树种主要有侧柏、赤松、油松、黑松等, 以侧柏最多; 刺槐也有较大面积的分布, 为本区主要的阔叶树种。

由于长期人类活动及自然因素的影响, 林地不断退化, 原生植被很少存在, 以人工纯林为主。常见灌木有酸枣、荆条、胡枝子、锦鸡儿等, 黄背草、白羊草为优势草本。

本区地貌类型为切割构造侵蚀中低山丘陵, 山体高度基本在 500~ 900 m (图 1), 坡度多在 15°~ 40°, 锦绣川、锦阳川、锦云川三条河流及其支流, 大多为季节性河流。区内地带性土壤主要为褐土与棕壤, 其中褐土性土成土母质为岩石风化的残、坡积物, 土层厚度均 < 30 cm, 并含有大量的母岩碎石, 极易受侵蚀; 棕壤性土处于山顶部位, 质粗砾多, 孔隙大, 保水保肥能力差, 处于平缓地带的普通棕壤土层较为深厚, 多在 1.5 m 以上, 绝大部分垦为耕地, 肥力较高, 但面积较少。

三川的行政范围主要包括锦绣川乡、柳埠镇、高而乡以及仲宫镇和西营镇的部分(图 2)。三川皆以农业为主, 由于地处偏远山区, 受自然条件的限制, 除仲宫镇外, 其它乡镇社会经济状况均较为落后。相对而言, 锦绣川、锦阳川近年来发展较为迅速, 林果业、蔬菜种植、畜牧业、生态旅游、观光农业等逐渐成为支柱产业; 锦云川流域范围狭小, 对外联系较少, 经济发展一直较为缓慢。

收稿日期(Received date): 2002- 10- 20; 改回日期(Accepted): 2003- 05- 06。

基金项目(Foundation item):

作者简介(Biography): 秦艳红(1979-), 女, 汉族, 山东蓬莱人, 硕士研究生, 主要研究方向为景观生态学。[QIN Yan-hong(1979-), female, the Han nationality, graduate student, main research direction is landscape ecology, E-mail: rg791012@163.net, tel: 0531- 6184674.]

1) 本次研究主要考虑卧虎山水库周围环境对水土流失的影响, 故锦绣川流域仅取其近卧虎山水库部分。

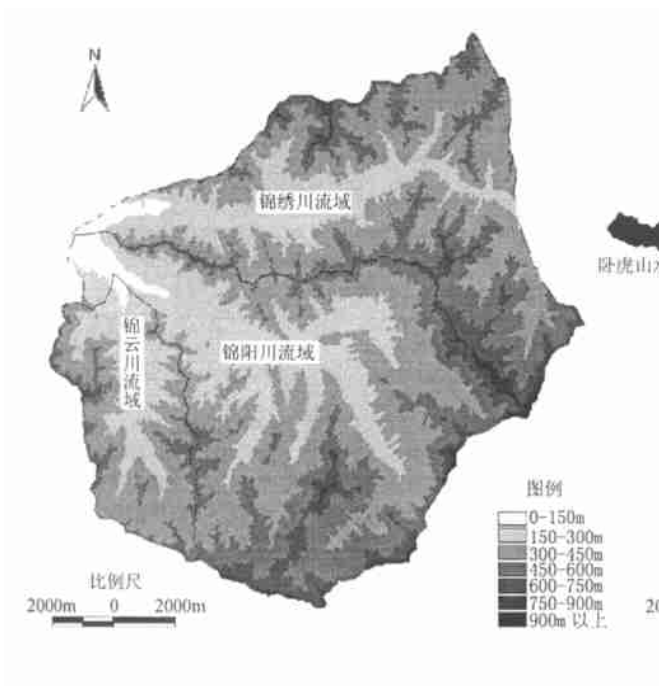


图1 研究区数字高程模型

Fig. 1 The digital elevation model of study area

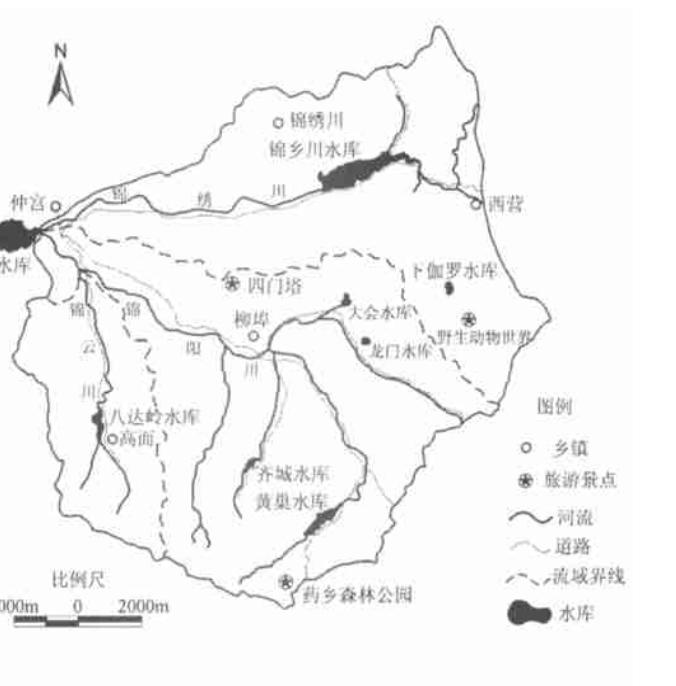


图2 研究区概况图

Fig. 2 The general situation of study area

2 研究方法

2.1 景观生态分类与制图

对一个区域进行景观生态学研究, 首先必须对景观类型进行分类, 景观生态分类是从生态学的角

度对景观进行划分, 它既要能体现景观的综合性, 也要能表明景观的生态学意义^[2]。根据土地利用的方式属性, 将景观类型分为旱地、水浇地、园地、有林地、灌木林地、疏林地、草地、居民点、工矿用地、水体、未利用土地等(表1)。

表1 景观类型系统表

Table 1 The landscape types

景观类型	锦绣川			锦阳川			锦云川		
	面积 (km ²)	斑块数 (个)	面积比例 (%)	面积 (km ²)	斑块数 (个)	面积比例 (%)	面积 (km ²)	斑块数 (个)	面积比例 (%)
旱地	25.65	54	17.52	53.20	36	29.61	12.27	20	22.85
水浇地	2.63	4	1.79	7.14	14	3.97	3.18	1	5.92
园地	31.17	32	21.29	11.27	24	6.27	2.09	11	3.88
有林地	12.10	43	8.27	9.00	23	5.01	1.80	19	3.36
灌木林地	4.45	21	3.04	7.00	19	3.9	3.66	8	6.81
疏林地	30.39	88	20.76	27.93	64	15.55	7.36	20	13.7
草地	26.12	99	17.84	37.52	110	20.88	16.37	55	30.48
居民点	6.82	64	4.67	8.90	54	4.95	2.87	19	5.34
工矿用地	2.20	39	1.5	8.24	92	4.59	3.26	19	6.07
水体	3.15	10	2.15	2.10	25	1.17	0.23	2	0.43
未利用土地	1.72	16	1.18	7.34	24	4.09	0.62	15	1.15
合计	146.40	470	100.00	179.64	485	100.00	53.71	189	100.00

景观生态图的编制:依据 2000 年 spot 卫片、地形图、土地利用图(1996 年编制),通过卫片解译和其他图件的综合分析以及野外调查,编制了研究区的景观类型图。利用 ARC/INFO 软件对以上各图件进行计算和分析,获得了相应的属性数据,根据这些数据对研究区的景观格局进行分析。

2.2 景观格局指数

对景观空间格局与异质性的定量描述是分析景观结构、功能及过程的基础^[3]。选取景观比例(P_k) $P_k = (A_k/A) \cdot 100\%$ 、多样性指数(H) $H = - \sum_{k=1}^m (P_k) \log_2(P_k)$ 、优势度指数(D) $D = H_{max} + \sum_{k=1}^m (P_k) \log_2(P_k)$ 、破碎度指数(FN) $FN = MPS(N_f - 1)/N_c^{[4]}$ 等指标进行分析。式中, A_k 为第 k 种景观类型的面积, A 为景观总面积; m 是研究区中景观类型的总数; H_{max} 是景观最大可能均匀度; MPS 是景观中各类斑块的平均斑块面积的方格网数, N_f 是景观中某一景观类型的总数, N_c 是景观数据矩阵的方格网中格子总数, P_k 为第 k 种景观类型的面积占景观总面积的比重。

3 计算结果与分析

3.1 各流域优势景观不同

由景观比例的分布可见,各流域内优势景观各有不同(图 3)。锦绣川流域景观比例较大的景观类型依次为园地>疏林地>草地>旱地,并且相差不大;锦阳川流域以旱地的景观比例最大,高达

29.61%,占绝对优势,其次为草地和疏林地,分别为 20.88%、15.55%;锦云川流域则以草地占绝对优势,所占比重为 30.48%,其次是旱地,为 22.85%。三个流域内,林地总体(包括有林地、灌木林地、疏林地)的景观比例分别为 32.06%、24.46%、23.87%,因此,锦绣川流域林地覆盖率最高,锦阳川次之,锦云川最低。从林地总体覆盖情况来看,覆盖度较高,而起重要生态功能的有林地景观比例都在 10% 以下,相对较高的锦绣川为 8.27%,而锦阳川和锦云川分别仅有 5.01% 和 3.36%;灌木林地和疏林地所起到的生态功能较有林地差,尤其是疏林地,已经过长期的人为破坏或正在遭受破坏,对于涵养水源、保持水土、维持区域生态平衡非常不利。并且,本区以针叶林为主,林分单一,林相结构简单,林下灌草层缺乏,土壤表层土质疏松,水蚀、风蚀极易形成。此外,作为优势景观的旱地多为坡耕地,据统计,目前仍有超过 10% 的旱地分布于 25° 以上的坡地上,加剧了水土流失的程度。水土流失在本区最为显著的表现于淤积河道、沟渠、库塘,卧虎山水库 1958 年建成时库容为 $6\,700 \times 10^4 \text{ m}^3$,到 1979 年淤积量已达到 $832 \times 10^4 \text{ m}^3$,库容损失程度为 12.4%^[5]。上世纪 80 年代,卧虎山流域和锦绣川流域的部分地区以植物措施与工程措施结合,采取退耕还林、植树造林、封山育林等方式进行治理,使局部水土流失状况有很大改善,如锦阳川上游的窝铺小流域至 1990 年土壤侵蚀模数由治理前的 $2\,500 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 降到 $1\,000 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 。但总体上,仍存在较大部分水土流失严重地区。

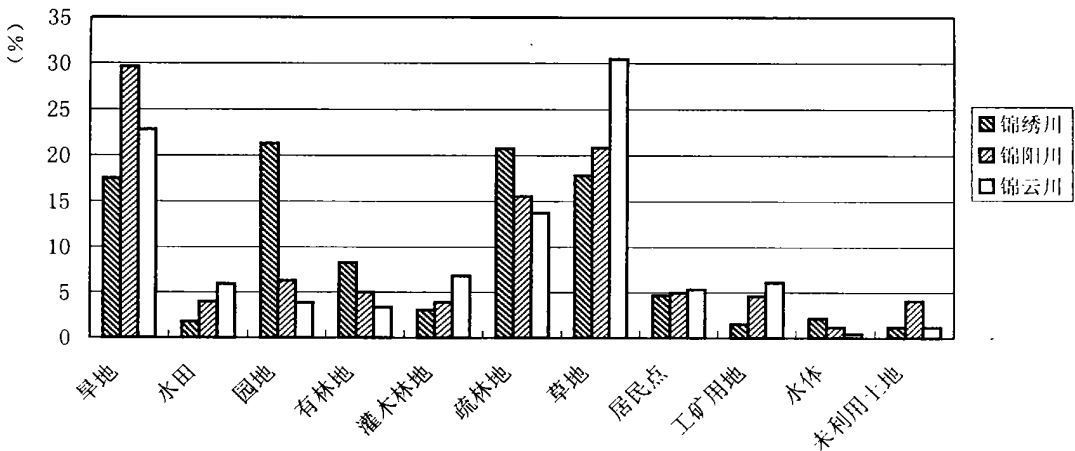


图 3 各流域的景观比例对比

Fig. 3 The comparison of landscape portion among valleys

3 2 多样性指数

三川多样性指标的大小顺序为锦阳川> 锦绣川> 锦云川(表 2)。多样性指数的大小反映景观要素的多少和各景观要素所占比例的变化。一般来说自然景观的多样性程度较人工景观为多,但在本区,锦阳川流域内居民点和工矿企业用地所占比重明显高于锦绣川流域,但其总体多样性却比锦绣川流域高,由此可以看出,锦绣川流域植被的多样性欠佳。这主要是由于锦绣川水库周围的植被多为人工种植,而未考虑到植被分布的多样性,从而使植被的空间布局较为简单。锦云川流域景观多样性最低,这与其受人类干扰的强度过大,而生态恢复与建设措施较少有关。

表 2 景观格局指数表
Table 2 Indices of landscape pattern

流域名称	多样性 (H)	优势度 (D)	有林地破 碎度(FN ₁)	灌木林地破 碎度(FN ₂)	疏林地破碎 度(FN ₃)
锦绣川流域	2.876	0.583	0.090	0.044	0.186
锦阳川流域	2.926	0.533	0.048	0.039	0.139
锦云川流域	2.833	0.626	0.095	0.037	0.101

3 3 优势度指数

优势度指数以锦云川最高,其次为锦绣川、锦阳川(见表 2),这说明锦云川流域中少数几种景观类型起支配作用的程度最高。从各个流域的土地利用情况来看,在锦绣川流域优势度体现的是旱地、园地、疏林地、草地等景观与其它几种景观类型的对比程度;在锦阳川流域体现的是旱地、疏林地、草地等景观与其它几种景观类型的对比程度;锦云川流域则是旱地、草地与其它景观类型的对比程度。旱地、草地、疏林地等景观是易于形成水土流失的地区,这些景观占优势是本研究区水土流失的主要原因。

锦云川流域内,旱地集中连片分布,从而使旱地对景观总体的支配作用较为突出;锦阳川流域优势度虽然最低,但其非生态景观较多,尤其是工矿用地(以采石场为主)和未利用土地,也是对水土保持十分不利的因素。

3 4 林地破碎度

林地是最为重要的自然生态景观,破碎度是衡量林地质量的重要指标,森林斑块破碎度能较好地反映出区域空间结构中森林的分布状况和人为活动的影响程度^[6]。从三种林地的破碎度指数(见表 2),

可以看出以疏林地的破碎程度为最高,有林地次之,灌木林地最低,因此,林地的破碎度与受干扰程度是相符的。

不同林地类型的破碎度在流域间的差异较大(见表 2)。对于有林地,锦云川流域的破碎度指数最高,为 0.095,锦绣川流域为 0.090,锦阳川流域则仅有 0.048。结合各区内的林地覆盖率来看,锦云川流域林地覆盖率低且破碎度高,从而说明其受人为活动的影响最深,这与该流域高程较低、人类的各项干扰活动受限较少有关。锦绣川流域虽然林地覆盖度最高,但破碎度也较高,可以看出人工植树造林时仅仅考虑了林地的数量,而未考虑到林地生态功能的发挥,是以一定数量大的植被斑块的存在为前提的。锦阳川流域林地的破碎度较低,且主要集中在山体的中上部,对保持水土十分有利。林地的破碎化是对水土保持的不利因素,要防治水土流失,需要提高林地斑块的面积,增加林地间的连通性。

4 景观综合评价与驱动力分析

水土流失问题是本研究区最为严重的生态环境问题之一。经研究发现,在某一区域内,如果气象条件相同,景观格局特征就成为土壤侵蚀的主控因子之一^[7],景观结构的优劣决定着土壤流失量的多少。防蚀景观结构性质可由景观的异质性、植被斑块被农地间隔的隔离或离散程度、各种植被斑块所占比例构成、植被斑块面积大小、形状、密度等方面来表征^[8]。

前面选取了景观比例、多样性、优势度、破碎度等指标分别对三川进行了计算和分析。结果显示,三川地区普遍存在的对水土保持不利的景观格局问题在于:总体上以旱地、疏林地、草地为优势景观,有林地所占比重过低,景观结构简单、多样性不足,优势度过高,林地分布破碎。因此,尽管总体上来看,林草植被覆盖度较高,然而真正能够起到良好防蚀效果的植被有效覆盖度并不高,增加有林地面积仍是该区水土保持工作的首要任务。在以往的生态建设过程中缺乏对植被的空间格局进行合理规划,尤其是对山体,未针对不同的山体高度、坡度、坡位、土质、岩性等条件的变化采取不同植被配置方式,例如有些坡面全部为单一植被类型(草地、园地、疏林地等)所覆盖,陡坡开荒,林地类型单一,林地内缺乏乔、灌、草之间的搭配等等,这种景观空间组合的极

不合理大大降低了植被的防蚀效果。此外,在旱地、疏林地、草地等景观类型的控制之下,有林地、灌木林地被切割成破碎的小块,难以起到良好的防蚀作用。

三川之间景观格局存在很大的差异性,从而导致了水土流失程度的空间差异。锦绣川流域林地覆盖度最高,多样性、优势度居于中等,有林地、灌木林地、疏林地破碎度均较高;锦阳川流域林地覆盖度较低,但景观多样性程度最高,优势度最低,各种林地类型的破碎度均较低;锦云川流域林地覆盖度最低,景观多样性最低,优势度最高,有林地破碎度最高,灌木林地和疏林地的破碎度也较高。因此,三川景观格局的优劣排序依次为锦阳川、锦绣川、锦云川。景观格局的空间差异对水土流失造成的影响表现为由锦阳川流域、锦绣川流域至锦云川流域水土流失程度增强。

导致三川之间景观格局空间差异的因素可以分为自然因素和人文因素。自然因素是景观格局形成的基础,但人文因素对三川景观格局的差异起主导作用。自然条件中地形的差异是主要因素,锦绣川流域呈狭长东西带状分布,从流域出口向上游两侧山体高度逐渐升高,坡度变陡,地形变化较为剧烈,因此生态建设的难度较大;锦阳川流域内部谷地较为广阔,较高的山体集中于南部,地形条件较锦绣川为好;锦云川流域范围较小,呈封闭状,山体高度较低,地形条件最为简单。就自然条件而言,锦云川流域最好,其次是锦阳川、锦绣川,但在人类活动的干扰下,锦云川流域长期以来进行粗放式开发,流域生态环境持续受到破坏,加之区位条件较差,对外联系较少,社会经济状况发展缓慢,生态状况未受到充分的重视,景观格局趋向简单化、破碎化;锦阳川流域自20世纪80年代以来一直是水土流失治理的重点区域,该流域区位条件较好,交通方便,103省道贯穿其中,随着生态农业、观光农业、生态旅游等先进经营模式的提出,该流域处理好开发与保护的关系,建立了一系列的生态农业示范区、生态旅游景点,丰富了景观格局的空间配置;锦绣川流域区位条件也较好,交通便捷,327省道位于其内,该流域的生态建设工作力度也较大,但由于受地形条件所限,景观优化难度较大,因此,其景观格局状况比锦阳川流域差。

5 结论

1. 三川的景观格局普遍表现为旱地、疏林地、

草地为优势景观,有林地所占比重较低,景观多样性不足,优势度过高,林地破碎度过高等问题。

2. 三川之间景观格局有较大差异,从锦阳川至锦绣川、锦云川景观多样性程度降低,优势度升高,林地破碎度升高。随着景观格局效果的递减,水土流失程度逐渐增强。

3. 造成三川之间景观格局空间差异的原因包括自然因素和人文因素,其中人文因素处于主导地位。景观格局特征与流域的区位条件和社会经济发展状况密切相关。

参考文献(References):

- [1] Meng Qinghua, Fu Bojie. Landscape Pattern and Soil Nutrient Flux [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, **14**(3): 116~122. [孟庆华, 傅伯杰. 景观格局与土壤养分流动[J], 水土保持学报, 2000, **14**(3): 116~122.]
- [2] Yan Chuanhai, Song Yongchang. A Study on the Landscape Ecological Strategies in the Southern Shandong Province [J]. *Ecologic Science*, 1997, **16**(1): 88~92. [阎传海, 宋永昌. 山东南部景观生态对策研究[J]. 生态科学, 1997, **16**(1): 88~92.]
- [3] Wang Xianli, Xiao Duning, Bu Rencang, et al.. Analysis on Landscape Patterns of Liahe Delta Waterland [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, **17**(3): 317~323. [王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析[J]. 生态学报, 1997, **17**(3): 317~323.]
- [4] Fu Bojie, Chen Lidong. Landscape Diversity Types and Their Ecological Significance [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1996, **51**(5): 454~462. [傅伯杰, 陈利顶. 景观多样性的类型及其生态意义[J]. 地理学报, 1996, **51**(5): 454~462.]
- [5] Zhang Junmin. Soil in Mountainous Region of Shandong Province [M]. Jinan: Shandong Science and Technology Publication House, 1986. 332~335. [张俊民. 山东省山地丘陵区土壤[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1986. 332~335.]
- [6] Yang Shuhua, Yan Haizhong. The Study on Landscape Pattern and Spatial Structure of Mountain in Dianchi Lake Watershed [J]. *Journal of Yunnan University*, 1999, **21**(2): 120~123. [杨树华, 闫海忠. 滇池流域山地景观格局和空间结构研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 1999, **21**(2): 120~123.]
- [7] Qiu Yang, Fu Bojie, Wang Yong. Spatiotemporal Variation in Soil Erosion and Its Relation to Environmental Factors [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002, **16**(1): 108~111. [邱扬, 傅伯杰, 王勇. 土壤侵蚀时空变异及其与环境因子的时空关系[J]. 水土保持学报, 2002, **16**(1): 108~111.]
- [8] Wang Hansheng, Liu Guobin, Wang Qingning. Effect of Vegetation as Whole in Watershed on Protecting Soil from Erosion and Dissection of Its Landscape Structure [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, **14**(5): 73~77. [王晗生, 刘国彬, 王青宁. 流域植被整体防蚀作用及景观结构剖析[J]. 水土保持学报, 2000, **14**(5): 73~77.]

Landscape Pattern of Valleys in Southern Mountains of Jinan, Shandong Province

QIN Yan-hong¹, WANG Li-hong¹, ZHAO Hong-bing²

(1. College of Population, Resource and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, China

2. Office of Soil and Water Conservation, Water Conservancy Department of Shandong Province, Jinan 250013)

Abstract: Based on the theory that landscape pattern may influence soil and water loss, the study intends to discover the influence of landscape pattern on soil and water loss in Jinxiu valley, Jinyang valley and Jinyun valley in southern mountain region of Jinan city. With spot image used as main data source, a classified map of landscape types is gained. Then indices such as landscape proportion, landscape diversity, landscape dominance and landscape fragmentation are identified to analyse landscape pattern in the three valleys. The results indicate that dominant landscapes are different in the three valleys, but dry lands, sparse forests and grasslands are the main landscape types for all. Besides, low coverage rate of forest, shortage of diversity, high dominance and high fragmentation are all disadvantages which induce to soil and water loss. From Jinyang valley to Jinxiu valley and to Jinyun valley, the landscape diversity index decrease, landscape dominance index and landscape fragmentation increase. As a result, soil and water loss aggravate. The driving powers which lead to spatial difference of landscape pattern include natural factors and artificial factors, and the latter ones take the dominant action.

Keywords: landscape pattern, valley, soil and water loss

欢迎订阅 2004 年《中国农学通报》学术期刊

《中国农学通报》是中国科协主管、中国农学会主办, 两院院士、著名农业科学家石元春先生任主编的农业综合性学术期刊, 也是国家科技部“中国科技核心期刊”、中国科协优秀学术期刊和全国优秀农业期刊。主要刊登种植业、养殖业、农牧产品贮藏加工业等方面的国家级和省部级基金项目所资助的研究论文、学术报告、文献综述等。栏目设置有作物遗传育种、种质资源、耕作栽培、生理生态、植物保护、土壤肥料、节水灌溉、园艺园林、贮藏保鲜加工、畜牧兽医、资源昆虫和研究简报等; 另外还开设了有关农业、农村、农民等社会经济发展的宏观社科栏目——三农论坛。读者对象为各级农牧科研人员、农业大中专院校师生、农牧行政管理干部、农技推广人员等。《中国农学通报》为双月刊, 彩色封面, 逢单月 30 日出版, 国内外公开发行, 可向本刊直接联系订阅, 本刊地址: 北京市朝阳区麦子店街 20 号中国农学会编辑出版部, 邮政编码: 100026, 电话: 010-64194480, 传真: 010-64194705, E-mail: edit@cav.net.cn。网上投稿: www.caass.org.cn/qkbj/bjindex/bjindex.aspx