

## 泥河沟流域农林复合生态系统景观格局变化研究

张 博<sup>1,2</sup>, 吴发启<sup>1\*</sup>, 张正华<sup>3</sup>

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西藏农牧学院 林学系, 西藏 林芝 860000; 3. 山东省东营市水利局, 山东 东营 257091)

**摘 要:**以淳化县泥河沟流域为研究对象, 利用该区 1986 年和 2004 年的土地利用现状图, 在 Arc/info 和 Arcview 软件支持下, 对该流域 18 a 来农林复合生态系统景观格局的变化进行了研究。结果表明, 除水域不变外, 林地、草地和未利用地面积均减少, 其他用地面积有所增加, 尤其是居民地企业及交用地增幅最大, 达 47.48%; 流域的斑块数量减少, 斑块形状趋于复杂, 多样性指数增加, 景观的破碎程度加大, 景观格局正朝多极化和破碎化方向发展。

**关键词:**泥河沟流域; 农林复合生态系统; 景观格局; 斑块

**中图分类号:**S727.22

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7461(2006)06-0005-04

### Landscape Pattern Variation of Agro-forestry Ecosystem in Nihegou Watershed

ZHANG Bo<sup>1,2</sup>, WU Fa-qi<sup>1</sup>, ZHANG Zheng-hua<sup>3</sup>

(1. College of Research and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Department of Forestry, Tibetan Agriculture and Animal Husbandry College, Linzhi, Tibet 860000, China;

3. Department of Water Conservancy, Dongying, Shandong 257091, China)

#### 万方数据

**Abstract:** Based on the land use map of 1986 and 2004, changes of the agro-forestry ecosystem landscape pattern in Nihegou watershed during the eighteen years were studied by Arcview and Arc/info software in the paper. The results showed that all other kinds of patches except water area changed obviously in area, number, figure etc. The areas of forest land, grassland and non-using land decreased, however, areas of all others increased, especially the residential land and road area increased by 47.48%. During 18 years, the total number of patches decreased slightly, the shape of patches became more complex. Both diversity index and fragment index increased. The analysis indicated that the landscape pattern of agro-forestry ecosystem in this region was tending towards multipolar and fragmenting development.

**Key words:** Nihegou watershed; agro-forestry ecosystem; landscape pattern; patch

景观是由许多斑块组成的一个镶嵌体, 斑块的空间分布称为格局。景观格局是景观异质性的具体表现, 又是各种生态过程在不同尺度上作用的结果<sup>[1]</sup>, 景观格局的变化不仅决定着各种自然环境因子在景观空间的分布和组合, 而且直接影响着各种生态过程, 因此, 景观格局的分析已经成为景观生态学的核心之一<sup>[2]</sup>。研究某一地区的景观格局特征, 可解释该地区生态状况及其空间变异特征, 并为该区的生态环境评价、景观生态设计和经济发展提供决

策。

流域是一个完整的自然地理单元, 流域内景观格局是自然和人类活动叠加作用的结果, 同时, 流域景观格局的演变影响流域内各种自然过程的发生发展。以流域为研究尺度, 分析流域内景观格局的动态变化, 以便在此基础上制定出合理的景观调控对策, 是进行流域综合治理的关键之举<sup>[3]</sup>。

泥河沟流域位于渭北高原沟壑区的南缘, 经过近 20 a 的综合治理, 该区的生态环境得到改善, 以

收稿日期: 2006-04-28 修回日期: 2006-05-29

基金项目: 中国科学院知识创新项目“农果复合型生态农业建设模式示范-2”(KZCX1-06-02-03)

作者简介: 张博(1974-), 男, 陕西洛南人, 在读硕士, 研究方向为流域治理。

\* 通讯作者: 吴发启, E-mail: wufaqi@263.net

经济林为支柱产业的农林复合生态系统已经形成,但随着经济的快速发展,土地资源开发的强度开始加大,不少林草地被毁坏,农林争地的现象依然存在;同时,该区的空间结构也发生了很大变化,对该区域的空间结构的研究成为急需解决的现实问题。朱清科等<sup>[4]</sup>(1995 年)对流域塬面景观生态系统的景观特征进行了分析,认为该区塬面景观生态格局朝多级化发展,塬面农林复合生态经济系统逐步形成,但缺乏流域整体的景观结构的量化研究工作。本文借助 GIS 技术,建立数字化数据库,选取典型的景观指标,对流域的景观特征及其动态变化进行分析,旨在为该区的景观生态设计、土地利用规划提供依据,对实现其可持续发展有着重要的意义。

1 研究区概况

泥河沟流域位于淳化县中部黄土残塬沟壑区,南北长 7.8 km,东西宽 1.2 km,地势北高南低,海拔 712~1 176 m。流域面积 9.48 km<sup>2</sup>,包括 7 个行政村和 1 个园林场,1999 年有农户 672 户,总人口 3 116 人,以种植业和林果业为主。该区属暖温带半湿润半干旱气候,年平均气温 9.8℃,光照充足,温度日差较大,土层深厚,有利于果树的生长。土壤为黄土母质上发育的黑垆土、黄壤土、红胶土和淤灌土,土壤肥力低,有机质含量 0.8% 左右,碱解氮 40×10<sup>-6</sup>,速效磷 4.5×10<sup>-6</sup>。自然植被分布于沟坡,多为草本、灌木,塬上基本为人工植被<sup>[5]</sup>。经过近 20 a 的综合治理,该区的水土流失得到有效控制,土壤侵

蚀模数降低到 500 t·km<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 以下,生态环境得到明显好转,经济得到了快速的发展。

2 研究方法

2.1 数据来源及处理

包括淳化县泥河沟流域地形图(1:10 000)、1986 年土地利用现状图(1:10 000)和 2004 年土地利用现状图(1:10 000,现场调查基础上勾绘而成)。将两期的土地利用现状图作为底图,经过扫描处理,利用 ARC/INFO 和 ARCVEIW 软件进行矢量化处理,在矢量数据库基础上建立数字化的景观类型图。

2.2 景观类型的划分

景观类型的划分是根据土地利用类型进行的,土地利用类型的划分是依据土地资源的用途、经营方式、利用和覆盖等特征,参照国家《土地利用现状调查技术调查规程》<sup>[6]</sup>进行分类,划分为耕地、园地、林地、草地、居民点(包括企业)及交通用地、水域和未利用地 7 种土地利用类型。

2.3 景观指标选取及分析方法

在实际研究工作中,景观格局的分析一般通过多种景观指数进行描述<sup>[7~13]</sup>。本文根据研究区特点以及实际情况和需要,选取能反映研究区各景观类型的斑块数、变异系数、平均缀块分维数、平均缀块形状指数、分离度指数、破碎度指数、相对均匀度指数、景观多样性等 8 项景观指数(表 1)。

表 1 景观指标的计算方法及生态学涵义<sup>①</sup>

Table 1 Computing technology and ecology meaning of landscape index

序号	名称	计算方法	生态学涵义
1	斑块数	$N = \sum_{i=1}^n N_i$	表示景观结构的复杂程度
2	变异系数	$CV = s / \sqrt{A}$	表示个景观斑块面积大小的差异程度或离散程度
3	平均斑块分维数	$MPFD = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \left[ \frac{2 \ln(0.25 P_{ij})}{\ln(A_{ij})} \right] / N}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \left[ \frac{0.25 P_{ij}}{\sqrt{A_{ij}}} \right] / N}$	表示斑块形状的复杂程度
4	平均缀块形状指数	$MSI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \left[ \frac{0.25 P_{ij}}{\sqrt{A_{ij}}} \right] / N}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \left[ \frac{2 \ln(0.25 P_{ij})}{\ln(A_{ij})} \right] / N}$	表示斑块周长与同面积正方形的周长之比,接近 1,表明越接近正方形,形状越规则
5	分离度指数	$F_i = 1/2 \sqrt{\frac{A_i}{A} / \frac{A_i}{A}}$	表示某一景观类型中不同元素个体分布的离散程度。分离度越大,表明景观在地域分布上越分散
6	破碎度指数	$C = N_i / A$	表示景观被分割的破碎程度
7	均匀度指数	$E = H(j) / H(\max) \times 100\%$	反映各景观斑块类型分布的均匀程度,式中, $H(j) = -\ln \sum_{i=1}^j (P_i)^2$ , $H(j)$ 是景观 j 的修订的 Simpson 优势度, $H(\max) = \ln(s)$ 为含 s 个斑块类型的景观 j 的最大可能的 H
8	景观多样性	$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$	景观斑块丰富程度和均匀程度的综合反映

① N 为斑块总数;N<sub>i</sub>为第 i 类景观类型的个数;s 为不同景观类型的标准差;P<sub>ij</sub>和 A<sub>ij</sub>为第 i 类景观类型 j 斑块的周长和面积;A 为总面积;A<sub>i</sub>为第 i 类景观类型的面积;m 为除边界以外的斑块类型的数目;P<sub>i</sub>为第 i 类景观类型在整个景观中的概率。

3 结果与分析

3.1 斑块面积变化

1986—2004 年,各景观类型的斑块面积除水域以外均有不同程度的变化(表 2),耕地(包括 30 hm<sup>2</sup> 的幼园)、园地和居民点及交通用地面积分别增加了 8.49、22.51、20.15 hm<sup>2</sup>,尤其是居民点及交通用地面积增加最大,增幅达到 47.48%,而林地、草地和未利用地面积相应减少了 19.24、27.99 和 3.92 hm<sup>2</sup>。由于该区域的耕地和园地主要分布在塬面上,随着经济的发展,人类对土地资源的开发加大,塬面

表 2 泥河沟流域农林复合生态系统各景观类型面积变化  
Table 2 Landscape type area change of agro-forestry ecosystem in Nihegou watershed

景观类型	1986 年	2004 年	变化	变幅/%
耕地	315.81	324.30	8.49	2.69
园地	165.47	187.98	22.51	13.60
林地	149.39	130.15	-19.24	-12.88
草地	150.94	122.95	-27.99	-18.54
居民点及交通用地	42.44	62.59	20.15	47.48
水域	6.69	6.69	0	0
未利用地	117.26	113.34	-3.92	-3.34

上部分草地和林地被开垦成农田或园地,同时原来的果园品种存在老化问题,近年来该区逐步对劣质果园进行换代处理,这些退下来的园地基本上变成了耕地,目前现存的老果园已经不多。随着综合治理和退耕还林的先后实施,沟谷中部分未利用地转换为草地,说明流域的生态环境已经向良性循环发展。

3.2 斑块类型的特征变化

从表 3 可知,18 a 来研究区景观发生了较大的变化。林地、草地和未利用地的斑块数量减少,而耕地、园地、居民点及交通用地的斑块数量增加。如林地由 111 块减少到 91 块,草地由 112 块减少到 84 块,未利用地由 35 块减少到 34 块;耕地由 87 块增加到 102 块,园地由 58 块增加到 62 块,居民点企业及交通用地由 19 块增加到 21 块。原来分布于塬面的一些小块林地、草地以及塬边草地、沟坡上的林地逐渐被开发成耕地或园地。调查表明,园地发展大致经历了 3 个阶段:1986—1994 年,园地面积急剧扩大阶段;1995—2002 年,园地面积相对减少阶段;2002—2004 年,园地面积缓慢上升阶段。目前,流域内劣质果园现存不多,园地的面积和斑块数略大于 1986 年,被淘汰的园地大部分变成了耕地。

表 3 泥河沟流域农林复合生态系统在斑块级别上的景观指标对比  
Table 3 Comparision of landscape indexes under patch level in Nihegou watershed

景观类型	年份	斑块数/个	变异系数	比例/%	平均缀块分维数	平均缀块形状指数	破碎度	分离度
耕地	1986	87	0.278 9	33.26	1.081 2	1.566 6	0.276 0	0.867 0
	2004	102	0.235 1	34.21	1.074 6	1.497 6	0.314 5	0.854 9
园地	1986	58	0.257 5	17.26	1.056 1	1.337 0	0.352 4	1.200 0
	2004	62	0.219 8	19.83	1.054 7	1.350 8	0.329 8	1.122 8
林地	1986	111	0.188 9	15.76	1.092 3	1.558 9	0.743 0	1.259 5
	2004	91	0.189 1	13.73	1.088 7	1.544 4	0.699 2	1.349 4
草地	1986	112	0.223 7	16.07	1.087 6	1.556 7	0.735 1	1.247 2
	2004	84	0.234 8	12.97	1.084 3	1.567 4	0.683 2	1.388 4
居民点及交通用地	1986	19	0.439 2	4.48	1.101 5	2.127 4	0.447 7	2.363 2
	2004	21	0.531 7	6.60	1.111 6	2.149 0	0.335 5	1.945 9
水域	1986	6	0.724 4	0.71	1.121 9	1.824 6	0.896 3	5.950 2
	2004	6	0.724 4	0.71	1.121 9	1.824 6	0.896 3	5.950 2
未利用地	1986	35	0.520 9	12.37	1.133 4	2.237 0	0.289 5	1.421 7
	2004	34	0.511 4	11.96	1.134 4	2.274 6	0.300 0	1.446 0

受人类活动的干扰,斑块形状变得愈加复杂,耕地的平均缀块形状指数从 1.081 2 减小到 1.074 6,平均缀块分维数从 1.566 6 减小到 1.497 6;林地的平均缀块形状指数从 1.092 3 减小到 1.088 7,平均缀块分维数减少从 1.558 9 减小到 1.544 4,而其他类型平均缀块形状指数和平均缀块分维数则增大,说明耕地和林地的斑块形状朝规则化发展,其他类

型的斑块形状愈加复杂。未利用地和居民点及交通用地 1986 年和 2004 年的平均缀块分维数分别为 2.237 0 和 2.274 6,平均缀块形状指数分别为 2.127 4 和 2.149 0,均远高于其他类型,表明其斑块形状一直比较复杂。水域的变异系数、破碎度和分离度最大,分别为 0.724 4、0.896 3 和 5.950 2,说明受地质地貌因素的影响,水域各斑块的面积差异最大,

其在空间分布上非常分散,并且破碎化程度相当严重。从居民点的空间分布来看,新修建的宅区基本上沿着公路两侧分布,并且由分散向集中发展,说明人们对公路的依赖程度增加,同时居民点的破碎程度减弱,流域的整体景观格局越来越破碎。

3.3 景观格局的总体特征变化

从表 4 可以看出,泥河沟流域农林复合生态系统的斑块数量从 428 个下降到 400 个,均匀度指数由 0.805 9 下降到 0.800 2,多样性指数从 1.687 7 上升到 1.693 6,均匀度有所下降,但仍大于 0.5,说明流域景观格局并不受某一个景观类型的支配,而是多种类型共同支配,多样性指数增大,表明景观异质性增加。从流域景观类型所占的比例来看,景观格局中耕地和园地所占的比例较大,二者之和由 50.52% 上升到 54.04%,在景观格局中起到了基质作用,共同支配着景观格局的变化,促使流域景观向良好的方向发展。

表 4 不同时期的景观格局总体特征值

Table 4 Teatures of landscape pattern between different periods

年份	平均斑块面积 /hm <sup>2</sup>	斑块数量 /个	均匀度指数	多样性指数
1986	2.145	428	0.805 9	1.687 7
2004	2.370	400	0.800 2	1.693 6

4 结论与讨论

从 1986 年和 2004 年 2 个时期的土地利用情况来看,流域的斑块数量减少,林地和草地的面积减少,耕地、园地和未利用地的面积有所增加,居民点及交通用地面积增加迅速,这表明随着经济的发展和人口增加,居民点企业及交通用地面积势必增大,流域塬面可利用的林地和草地被逐步开垦成为耕地或园地。虽然园地面积变化不大,但是原来一些老树和品种不好的园地逐渐被淘汰,一些效益好的新品种被引进,园地的空间结构发展了很大变化,近几年来,受市场经济的影响,园地面积上升速度减缓。

流域的景观多样性增加,均匀度均下降,表明人类对景观的干扰强度加大,景观格局向多极化发展,耕地和园地对景观格局的影响日益增强,同时人类

的干扰活动造成景观格局日益破碎。

流域内人工草地面积较少,而天然草地虽然丰富,但多分布在坡度较大的山坡上,不利于圈养畜牧的发展,严重制约着畜牧业的发展,应当加大人工草地的种植面积。同时,流域内经济林结构相对单一,难以适应市场经济的冲击,应该适当调整经济作物的比例。

泥河沟流域农林复合生态系统经过近 20 a 来的综合治理,流域内的土地利用结构日趋合理,以经济林为产业龙头的农林复合生态系统得到巩固和发展,生态环境逐渐向良性循环发展,经济正在平稳快速发展。

参考文献:

[1] 肖笃宁,李秀珍,高峻,等.景观生态学[M].北京:科学出版社,2003.

[2] 肖笃宁,李秀珍.当代景观生态学的进展和展望[J].地理科学,1997,17(4):356-364.

[3] 赵景柱.景观生态空间格局动态度量指标体系[J].生态学报,1990,10(2):182-186.

[4] 朱清科,肖斌,张柏林.泥河沟试验区塬面农林复合生态经济系统景观格局特征研究[J].西北林学院学报,1995,10(增):108-113.

[5] 吴发启,刘秉正.黄土高原流域农林复合配置[M].郑州:黄河水利出版社,2003.15-23.

[6] 全国农业区划委员会.土地利用现状调查技术规程[M].北京:测绘出版社,1984.

[7] 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.

[8] 布仁仓,王礼宪,肖笃宁.黄河三角洲景观组分判别与景观破碎化分析[J].应用生态学报,1999,10(3):321-324.

[9] 张金屯,邱扬,郑凤英.景观格局的数量研究方法[J].山地学报,2000,18(4):346-352.

[10] 王胜.景观格局的数量化方法概述[J].河北林果研究,1999,14(2):126-132.

[11] 肖笃宁.景观空间结构的指标体系和研究方法[A].见:肖笃宁.景观生态学—理论、方法及应用[C].北京:中国林业出版社,1991.92-98.

[12] 陈吉泉.景观生态学的基本原理及其在生态系统经营中的应用[A].见:李博.现代生态学讲座[C].北京:科学出版社,1995.108-128.

[13] 李哈滨,伍业钢.景观生态学的数量研究方法[A].见:刘建国.当代生态博论[C].北京:中国科学技术出版社,1992.209-233.