

退耕还林对宁南黄土丘陵区景观格局的影响 ——以中庄村典型小流域为例

朱战强^{1,2}, 刘黎明^{1,*}, 张军连¹

(1. 中国农业大学土地资源管理系, 北京 100193; 2. 清华大学建筑学院, 北京 100084)

摘要:“退耕还林”工程是关系到西部乃至中国生态恢复的重要工程。以黄土丘陵区“退耕还林”工程实施最早的典型小流域——中庄村小流域为研究区,应用景观生态学的原理与方法,选择斑块多样性、景观异质性和土地利用相对合理性等指数,对其退耕还林前(1993—2000年)后(2000—2005年)的变化情况进行分析,目的在于揭示“退耕还林”政策的实施对景观格局向良性演化的巨大推动作用。结果显示,退耕前(1993—2000年)研究区景观格局演变幅度很小,相应的,斑块多样性、景观异质性和土地利用相对合理性指数等景观指数的变化均较小。退耕后(2000—2005年),研究区发生了剧烈的景观格局演化,主要的景观变化过程是耕地转化为林地。此阶段研究区 25°以上坡耕地基本退耕完毕,15—25°坡度范围是退耕还林的主要区域,其次为 8—15°。相应的,2000—2005 年小流域景观斑块总数减小,平均斑块面积增加,景观形状趋于复杂,斑块边界复杂性有所增加,景观斑块呈现团聚化的趋势。其中,耕地斑块总面积显著减小,斑块数下降,平均斑块面积略有增大;林地斑块总面积显著增加,斑块数保持稳定,景观优势度显著增加。土地利用相对合理性指数因此从 1993 年和 2000 年的 0.668、0.664,显著上升至 2005 年的 0.712。采用 3 期土地利用现状图对“退耕还林”实施前后两个阶段的景观格局演变过程进行分析,结果表明“退耕还林”是研究区景观格局良性演化的主要驱动力。

关键词:黄土丘陵区;小流域;退耕还林;景观格局演变过程;景观指数

Impact of grain for green project on landscape pattern in hilly loess region in Southern Ningxia: landscape evolution process assessment of Zhong-zhuang-cun small watershed in 1993—2005

ZHU Zhanqiang^{1,2}, LIU Liming^{1,*}, ZHANG Junlian¹

1 Department of Land Resource Management, China Agricultural University, Beijing 100193, China

2 School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract: Grain for Green Project is one of the most critical programs due to its potential benefits in improving the ecological environment in China. In this paper, a case study on the impact of Grain for Green Project on landscape pattern was carried out in the Zhong-zhuang-cun watershed in hilly loess region in Southern Ningxia by using methods and theories of landscape ecology. The landscape metrics i. e. landscape structure, landscape heterogeneity and land use suitability were compared between 1993—2000 and 2000—2005, two stages before and during implementation of Grain for Green Project. The results indicated that the metrics of landscape structure, landscape heterogeneity and land use suitability as well as landscape pattern changed slightly in 1993—2000. But the landscape evolved tremendously in 2000—2005. The major transformations of landscape are cropland and unused land to forestland. The croplands over 25° were almost converted to forestland. The patch number of study area decreased, mean patch size increased and shape and edge metrics of landscape got complicated. Consequently, land use suitability increased significantly to 0.712 in 2005 from 0.668 in 1993 and 0.664 in 2000. The findings imply significantly that the Grain for Green Project is the main positive driving force of landscape

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40771122)

收稿日期:2008-09-15; **修订日期:**2008-11-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liulm@cau.edu.cn

evolution by two stages before and during GGP via employing three periods of land use maps.

Key Words: loess hilly region; small watershed; Grain for Green Project; landscape evolution; landscape metrics

在全国范围内,我国的“退耕还林”工程建设已经完成了试点实施阶段(1999—2001年),目前正处于工程建设阶段(2002—2010年)的末尾,此阶段主体部分即将完成,并将很快进入后期巩固阶段(2011—2020年)。“退耕还林”工程目前已经初见成果,宏观上,“退耕还林”工程既有助于增加生态系统的净初级生产力,使生态环境得到改善^[1],又可提高农民的经济效益^[2],促进了人类对农村产业结构和农户行为方式的优化,使其生态保护和建设意识得到增强^[3-4]。微观上,退耕还林改良土壤、涵养水源^[5]。然而,其土地利用模式和种植模式的合理性和可推广性等多个方面依然面临工程建设及后期巩固阶段的新挑战^[3,6-8]。

黄土丘陵沟壑区是西部退耕还林的重点区域,由于位于黄河等重要河流的上游区域,其地理位置十分重要^[6]。该区域内地形破碎、植被覆被率低,历史上存在着严重的土壤侵蚀、土地退化等生态环境问题。退耕还林工程实施以来,景观格局已经发生了较大的演变。然而,加强对“退耕还林”工程在黄土丘陵区小流域尺度上的景观格局演变过程研究,监控西部生态环境的恢复和生态可持续发展的进程依然具有战略意义^[9]。本文选择黄土丘陵区典型小流域——中庄村小流域作为研究区,采用1993年、2000年和2005年3个时点的土地利用现状图,试图通过退耕还林前(1993—2000年)和退耕还林后(2000—2005年)两个时期景观格局演变过程的对比,定量揭示小流域景观尺度上退耕还林对黄土丘陵区景观格局演变的影响。

1 研究区概况

中庄村小流域(图1)位于宁夏南部黄土丘陵沟壑区的彭阳县白阳镇中庄村。地理位置在东经106°73′—106°69′,北纬35°91′—35°93′,土地总面积为4.17km²,地处黄土高原西部宽谷丘陵沟壑区,属于暖温带半干旱区,为典型的温带大陆性气候,光热资源丰富,区域性气温差异明显,昼夜温差较大,四季分明,春迟夏短,秋早冬长。海拔1505—1750m,年平均降水455.1mm。坡度为0°的面积为总面积的9.01%,0—2°为2.94%,2—6°为15.29%,6—15°为38.02%,15—25°为27.29%,25°以上为7.45%,是典型的丘陵山地。流域内土壤类型为耕种黑垆土和侵蚀性耕种黑垆土。小流域内有柳台、中庄、阳洼3个自然村集中分布,总农户数为200户,总人口数为953,劳力数为340。整体而言,区域内经济落后,农业基础条件差,人口素质较低,农民中文盲、半文盲占了很大比重,劳动力相对富余。

2000年小流域内开始实施逐年退耕,区内林地面积稳步增长,退耕还林的工程建设阶段主体工作因此基本完成。区域内随后不再进行大面积的退耕还林,而是进入到小幅调整的阶段。另一方面,国家级或省(区)级项目在中庄村小流域得到开展,土地利用布局因此大为改善。中庄村作为最早落实“退耕还林”建设工程的地区之一,在该区域内进行相关研究具有前瞻性和典型性。

2 材料与方法

2.1 数据收集和处理

本文采用1982年宁夏测绘局绘制的1:1万地形图和3个时点的土地利用现状数据作为基础数据。3个时点数据包括1993年1:5万土地利用现状图、由30m分辨率的TM影像与10m分辨率的SPOT1全色影像融合生成的2000年的10m分辨率的融合数据、以及2005年的2.5m分辨率SPOT5影像数据。将地形图作为研究底图,辅助1993年土地利用现状图进行2005年的高精度影像图解译,并以此为基础,结合2007年开展的农户调查和实地踏查,采用目视解译的方法编制了2000年土地利用图。在三期土地利用现状图的基础上,结合相关文献资料,对中庄村小流域的土地利用动态变化有了基本了解。

根据中庄村小流域的实际情况和有关制图规范,本文将小流域的景观类型划分为:耕地、林地、草地、农村居民点和未利用地等5个类型。耕地主要为旱地;林地主要包括乔木林地、灌木林地、疏林地、未成林造林地。鉴于“退耕还林”工程实施之后,当地的草地多以采用了林草复合模式,本文因此将此类区域(2005年)记为

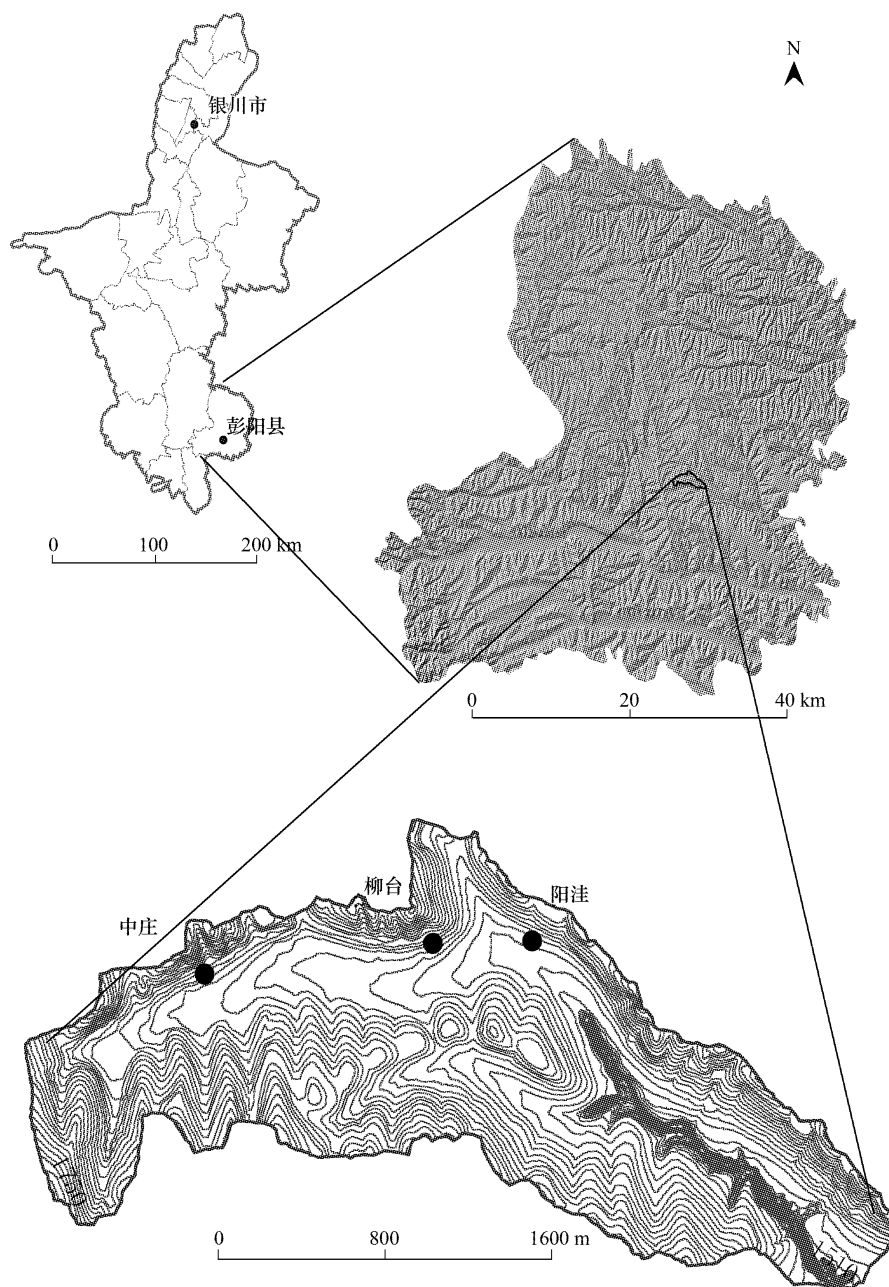


图1 中庄村小流域研究区

Fig. 1 Location of study area

图中上左为宁夏回族自治区政区图,上右为彭阳县 DEM,下图为中庄村小流域地形

林地。

在地理信息系统 ArcGIS 9.2^[10]和景观指数软件 FRAGSTATS 3.3^[11]的支持下,按照上述景观要素类型划分标准,建立 5m×5m 大小格网的景观要素类型分布图,并生成面积、周长、边界等参数类型数据库,用于景观格局指数的计算。

2.2 景观指数的选择

景观格局研究是景观生态学研究景观空间格局、过程及其与人类社会之间相互作用的基础性核心领域之一^[12-13],以景观几何特征为基础的景观格局指数可以有效地反映景观生态过程^[14]。参照相关文献^[11,15],本文从斑块多样性、景观异质性以及土地利用相对合理性 3 类指标对研究区进行分析。斑块多样性指数具体包

括:斑块总数、景观类型斑块数占总斑块数百分比、平均斑块面积(*SMPS*)、平均斑块周长(*LMPE*)、斑块分维数(*S*)等。景观异质性指数包括:最大斑块指数(*LPI*)、景观多样性指数(*H*) (本文采用香浓威尔多样性指数)、混布并列指数(*IJI*)、景观破碎度(本文采用景观斑块密度)等。

坡度是控制坡度是土壤侵蚀的重要影响因子,对退耕还林的生态效益有较大的影响^[5],鉴于此,本文将土壤侵蚀的程度考虑在内,选择相对合理性指数(*R*)进行度量,将其纳入到土地利用合理性评价当中。如果某种地类可以避免土壤侵蚀,则认为是该地类处于合适的位置当中,*R* 值较大,则在计算 *R* 值的时候赋予较高的相对合理性系数,反之则较小。参考相关研究^[16-17]确定土地利用类型的相对合理性系数(表1)。相对土地利用相对合理性指数的计算公式如下:

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m Pc_{ij} \times w_{ij}}{n}$$

式中,*R* 值指的是土地利用相对合理性指数。*Pc_{ij}*指的是坡度 *j* 条件下的土地利用类型 *i* 的面积百分比。*w_{ij}*指的是坡度 *j* 条件下的土地利用类型 *i* 的相对合理性评价系数。*R* 值在 0—1 之间变化,1 表示最合理,0 表示最不合理。

表 1 不同土地利用方式对坡度的相对合理性评价系数

Table 1 Relative suitability coefficients of different land use types in various slope sections

坡度分级/(°) Slope class	耕地 Cropland	林地 Forest	草地 Grassland	未利用地 Unused land	农村居民点 Residential land
0	1	1	1	0.6	1
0—3	1	1	1	0.5	1
3—8	0.75	1	1	0.5	1
8—15	0.5	0.75	0.75	0.4	1
15—25	0.25	0.6	0.6	0.3	1
>25	0	0.5	0.5	0.2	1

3 结果分析

3.1 斑块多样性分析

斑块是景观构成的基本空间单元。不同斑块组合构成景观空间格局,并决定景观功能。基于景观指数的斑块结构特征描述是景观格局量化分析的重要方面,有助于揭示“格局-过程”之间相互作用机理。对中庄村小流域各景观类型的不同时点数据进行计算,主要的斑块多样性特征如表 2 所示。

如表 2 所示,退耕前(1993—2000 年),研究区 1993 和 2000 年斑块总数均为 56,斑块总数保持不变,而平均斑块面积均为 7.46 hm²,这表明此阶段景观的斑块总体特征基本一致。退耕还林后(2000—2005 年),2005 年斑块总数减少至 44,斑块平均面积则显著上升为 9.49 hm²,这表明此阶段景观斑块整体上呈现团聚化的趋势。研究区平均斑块分维数 1993、2000 年和 2005 年分别为 1.135、1.133、1.138,整体上均不大,呈先减小后增加的趋势,然而变化程度较小,这表明,研究区退耕前后景观形状复杂性较低,退耕前(1993—2000 年)景观形状整体上趋于简单,退耕后(2000—2005 年)趋于复杂,然而,整体而言变化幅度小。就平均斑块周长而言,研究区 3 个时点值分别为 666.3、1965.9、2091.5,表现出逐渐增加的趋势,这表明研究区各斑块边界整体上呈现复杂化的趋势。

耕地和林地是中庄村小流域的主要景观类型(表 3)。就耕地的斑块特征而言(表 2),退耕前(1993—2000 年),斑块数 1993 年为 14 个,为总斑块数的 25%,至 2000 年增加到 22,达到总斑块数的 51.2%;而平均斑块面积 1993 年为 20.72hm²,到 2000 年降至 13.52hm²,发生了显著的下降;平均斑块周长从 1993 年的 1803.9 显著减小到 1418.2。这表明此阶段,耕地呈现破碎化的趋势。与此对比,退耕后(2000—2005 年)的 2005 年,耕地斑块数显著减少到 12,占总斑块数的 27.3%,平均斑块面积略有回升至 17.53hm²,而平均斑块

周长显著上升至 2831.7,这表明此阶段耕地表现出团聚化的趋势。而对于林地(表 2),退耕前(1993—2000 年),林地斑块数从 1993 年的 20 稍有减少至 2000 年的 17;平均面积从 2.81hm²增加达到 3.89hm²,略有增加;平均周长 1184.3 增加到 1633.8,这表明斑块数减少,然而斑块呈团聚化分布。退耕后(2000—2005 年)的 2005 年,林地斑块数保持在 17,平均斑块面积则显著提高到 10.48hm²,呈显著增长趋势,斑块周长显著增加到 2677.9,这表明此阶段林地发生了显著的团聚化趋势。简言之,耕地在退耕前呈现破碎化趋势,退耕后发生一定程度的团聚;林地在退耕前发生一定程度的积聚效应,而退耕后则表现了明显的团聚化趋势,这体现了退耕还林的效果。

除此之外,退耕前(1993—2000 年),草地的斑块数分别为 8、2,呈减少趋势;平均斑块面积分别为 4.58、9.06 hm²,呈增加趋势;而退耕后,草地到了 2005 年转变为林草混合的情况,记为林地。农村居民点斑块数在退耕前从 1993 年的 12 增加到 2000 年的 13,平均斑块面积从 0.74 hm²降为 0.70 hm²,稍有减少,表明斑块破碎度有所增加;到 2005 年保持在 13 个,平均斑块面积不变,表明退耕后居民点的变化很小。未利用地 3 个时点的斑块数均为 2 个,表现平均斑块面积则分别为 12.84、13.33 hm²和 9.93 hm²,退耕前(1993—2000 年)基本保持稳定,到 2005 年则呈现减少的情况,说明退耕后当地未利用地治理初见成效。

表 2 不同时点景观类型斑块特征
Table 2 Characteristics of landscape types in different periods

景观类型 Landscape Class	斑块数 <i>PN</i>			占总斑块数百分比 <i>PPT</i> /%			平均斑块面积 <i>MLPS</i> /hm ²		
	1993	2000	2005	1993	2000	2005	1993	2000	2005
耕地 Cropland	14	22	12	25	51.2	27.3	20.72	13.52	17.53
林地 Forest	20	17	17	35.7	39.5	38.6	2.81	3.89	10.48
草地 Grassland	8	2	—	14.3	4.6	—	4.58	9.06	—
未利用地 Unused land	2	2	2	3.6	4.7	4.6	12.84	13.33	9.93
农村居民点 Residential land	12	13	13	21.4	30.2	29.6	0.74	0.7	0.7
总计(平均) Total (or average)	56	56	44	100	100	100	7.46	7.46	9.49
景观类型 Landscape Class	平均斑块周长 <i>MPE</i> /m			最大斑块指数 <i>LPI</i>			平均分维数 <i>MFDI</i>		
	1993	2000	2005	1993	2000	2005	1993	2000	2005
耕地 Cropland	1803.9	1418.2	2831.7	65.9	63.2	49	1.136	1.124	1.142
林地 Forest	1184.3	1633.8	2277.9	2.5	5.4	18.1	1.141	1.138	1.138
草地 Grassland	1401.9	2855	—	2.5	3	—	1.112	1.155	—
未利用地 Unused land	3337.5	3295	2632.5	5.6	6.3	4.7	1.143	1.116	1.107
农村居民点 Residential land	649.2	627.3	623.9	0.5	0.5	0.5	1.137	1.141	1.139
总计(平均) Total (or average)	666.3	1965.9	2091.5	—	—	—	1.135	1.133	1.138

标号“—”为没有统计 *PN*: denotes Patch Number, *PPT*: Percentage of Patch to Total, *LMPE*: Length of Mean Patch Edge, *LPI*: Largest Patch Index, *MFDI*: Mean Fractal Dimension Index

3.2 景观异质性分析

混布并列指数反映了研究区内一类斑块在整个景观中的分布状况和斑块大小均匀程度。如表 4 所示,研究区景观混布并列指数在 3 个时点按时间先后排序分别为 76.083、65.760 和 55.637,随时间变化呈现减小的趋势,表明研究区不同景观类型斑块之间的相邻分布整体上呈现非均匀化的趋势。景观多样性是指景观元素或生态系统在结构、功能以及随时间变化的多样性,反映了景观的复杂性。景观多样性指数值在 3 个时点分别为 0.990、0.929、0.937,反映了研究区整体上景观复杂性先减小后稍有回升的趋势。

表 2 显示,退耕前(1993—2000 年)景观斑块密度稳定在 13.4,而退耕后,2005 年的景观斑块密度降至 10.5。研究区 3 个时点的景观破碎度均较低,这表明整体而言,中庄村小流域景观呈团聚的大斑块分布。景观破碎度在退耕前(1993—2000 年)基本不变,而退耕后(2000—2005 年)减小的趋势表明研究区整体上表现为小斑块聚合成为大斑块的变化过程。

分析表 3 和图 2 可知,退耕前(1993—2000 年),1993 年的主要景观类型依次为耕地(69.46%),林地

(13.47%)、草地(8.78%)。2000 年依次为耕地(71.25%)、林地(15.85%)和未利用地(6.38%)。退耕后的 2005 年,主要为耕地(50.38%)和林地(42.69%),其他类型均地于 5%。以上结果表明,耕地和林地是景观的主体,是占有优势的景观类型。在各景观类型当中(表 2),耕地在 3 个时点的最大斑块指数分别为 65.90、63.18 和 48.95,呈现递减的趋势,却始终是各景观类型中的最大值。这表明,无论退耕前后,耕地始终是景观优势度最为明显的景观类型,然而其占优势的程度随着时间推移在逐渐减小。林地在 3 个时点的最大斑块指数分别为 2.52、5.37、18.08,景观优势度随时间变化呈明显的增加趋势,并且在退耕之后,最大斑块指数呈显著增长。分析研究区主要的两种景观类型,耕地的景观优势度减小,林地的景观优势度逐渐增加,这体现了林地与耕地之间相互转化的退耕还林过程。未利用地 3 个时点分别为 5.64、6.32、4.69,其景观优势度在退耕前稍有增加,可是变化不明显,而退耕后则明显减小。

表 3 1993 到 2005 年不同景观类型面积百分比

Table 3 Percentages of different landscape types in different periods in 1993—2005

年份 Year	面积 Areas/%					总计 Total
	耕地 Cropland	林地 Forest	草地 Grassland	农村居民点 Residential land	未利用地 Unused land	
1993	69.46	13.47	8.78	2.13	6.16	100
2000	71.25	15.85	4.34	2.17	6.38	100
2005	50.38	42.69	—	2.18	4.76	100

标号“—”为没有统计

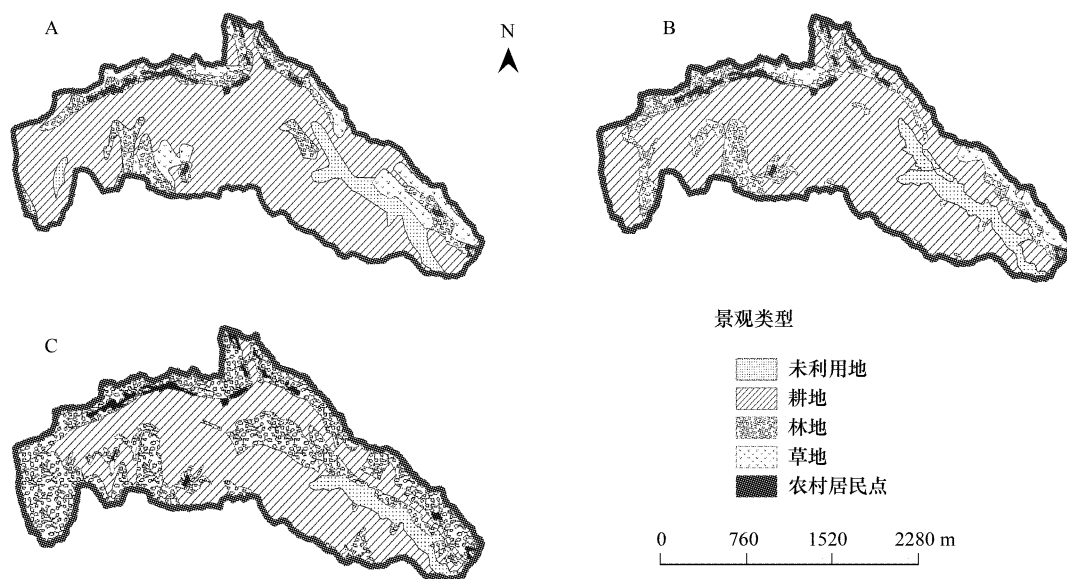


图 2 研究区 1993(A)、2000(B)和 2005 年(C)景观格局

Fig. 2 landscape patterns in 1993 (A), 2000 (B) or 2005 (C)

3.3 退耕还林对土地利用合理性的影响分析

分析退耕前(1993—2000 年)各景观类型的面积百分比(表 5)可知,耕地、林地、草地、未利用地、农村居民点占总面积的百分比分别为 69.45%、13.47%、8.79%、6.17%、2.13%(1993 年)和 71.27%、15.83%、4.35%、6.39%、2.17%(2000 年),各景观类型在退耕前(1993—2000 年)面积百分比的变化幅度均较小。结合坡度分级分析依然显示(表 5),各景观类型在退耕前(1993—2000 年)面积百分比的变化幅度均较小。这表明,1993—2000 年中庄村小流域的土地利用变化幅度很小。而与此对应,1993 和 2000 年的土地利用相对合理性指数值分别为 0.668 和 0.664,差别同样很小(表 4),这与此阶段土地利用变化的结果吻合。

表 4 不同时间景观多样性、混布并列指数、斑块密度及土地利用相对合理度的比较

Table 4 Temporal comparison of landscape diversity index, *IJI*, patch density and land use relative suitability index for various landscape types

年份 Year	景观多样性 <i>SHDI</i>	混布并列指数 <i>IJI</i>	景观斑块密度 <i>PD</i> /km ⁻²	土地利用合理度 <i>R</i>
1993	0.990	76.083	13.4	0.668
2000	0.929	65.760	13.4	0.664
2005	0.937	55.637	10.5	0.712

SHDI: Denotes Shannon's Diversity Index, *IJI*: Interspersion and Juxtaposition Index, *PD*: patch density, *R*: Land Use Relative Suitability Index

对 2000 和 2005 年的景观类型分布情况进行比较,分析退耕前后的景观演变情况。如表 5 所示,耕地面积从 2000 年的 71.27% 降为 2005 年的 50.44%,降低了 20.83%;林地面积则从 15.83% 增加到 42.63%,增加了 26.80%,这表明,这一阶段退耕还林是主要的景观类型转化方式。此外,未利用地由 6.39% 降至 4.77%,主要亦转化为林地,这表明当地对未利用地的治理颇有成效。

对比不同坡度的景观类型分布情况(表 5)表明,退耕还林实施以后至 2005 年, >25° 的耕地从 1.06% 减少至 0.42%,该坡度范围坡耕地基本完成退耕;15—25° 的耕地从 15.71% 减少至 7.84%,8—15° 的耕地从 30.45% 减少至 21.92%,此两个坡度区域分别减少了总面积的 7.87% 和 8.53%,是退耕还林的主要区域,退耕面积之和达到区域总面积的 16.4%。3—8° 的耕地从 13.48% 减少至 11.20%,减少的耕地面积为总面积的 2.28%。与此对应, >25°、15—25°、8—15° 三个坡度段的林地面积分别增加了 2.35%、10.83%、9.37%。

与剧烈的景观演化相对应,退耕后,土地利用相对合理性从 2000 年的 0.664 增加至 2005 年的 0.712,土地利用相对合理程度得到了显著的提升。

表 5 1993 至 2004 年不同坡度段景观类型占总面积的百分比

Table 5 Percentages of different landscape types to total area in different slope sections in 1993—2004

坡度分级/(°) Slope class	面积 Areas/%														
	耕地 Cropland			林地 Forest			草地 Grassland			未利用地 Unused land			农村居民点 Residential land		
	1993	2000	2005	1993	2000	2005	1993	2000	2005	1993	2000	2005	1993	2000	2005
0	7.87	8.03	6.98	0.27	0.78	1.90	0.65	0.04	—	0.16	0.10	0.07	0.01	0.01	0.01
0—3	2.45	2.53	2.08	0.13	0.29	0.78	0.26	0.03	—	0.08	0.06	0.05	0.01	0.01	0.01
3—8	13.06	13.48	11.20	0.60	1.12	3.76	1.10	0.09	—	0.35	0.41	0.15	0.14	0.14	0.14
8—15	29.64	30.45	21.92	4.45	5.35	14.72	2.06	0.47	—	1.01	0.87	0.51	0.92	0.92	0.92
15—25	15.27	15.71	7.84	6.54	6.80	17.63	3.48	2.76	—	1.22	1.15	0.95	0.92	0.92	0.92
>25	1.15	1.06	0.42	1.47	1.48	3.83	1.25	0.96	—	3.35	3.79	3.04	0.13	0.17	0.18
总计 Total	69.45	71.27	50.44	13.47	15.83	42.63	8.79	4.35	—	6.17	6.39	4.77	2.13	2.17	2.18

标号“—”为没有统计

4 结论

本文通过选择中庄村小流域作为案例区,基于景观指数法对景观演变过程进行了评价,研究结果揭示了“退耕还林”政策对于景观格局向良性演化表现出的巨大推动作用。

(1) 退耕还林前(1993—2000 年),景观格局变化幅度较小,具体表现为研究区斑块多样性、景观异质性指数、以及各景观类型的变化幅度均比较小。“退耕还林”后(2000—2005 年),小流域景观格局发生了剧烈演变,退耕还林(耕地向林地转化)和未利用地综合治理(未利用地向林地转化)是研究区主要的土地利用变化过程。具体表现为:研究区景观斑块总数减小,平均斑块面积增加,景观形状趋于复杂,斑块边界复杂性有所增加,景观斑块呈现团聚化演化趋势。其中,耕地总面积显著下降,减少量达到研究区总面积的 20.83%,斑块总数下降,平均斑块面积略有上升,景观优势度降低。林地总面积显著增加,增加量达到研究区总面积的 26.80%,斑块总数保持稳定,然而平均斑块面积显著上升,景观优势度显著增加。草地以林草结合的方式出现。未利用地斑块数保持稳定,然而平均斑块面积减少。农村居民点的变化很小。

(2)退耕还林是景观格局演变的主要驱动力。退耕还林前(1993—2000年)土地利用变化程度很低,对应的景观指数差别很小。退耕还林实施后(2000—2005年), 25° 以上坡耕地基本退耕完毕,林地和未利用地成为此范围内的主要景观类型; 15° — 25° 坡度范围是进行“退耕还林”主要坡度范围,其次为 8° — 15° 。对比退耕还林前(1993—2000年),2005年的土地利用相对合理性指数从1993年、2000年的0.668、0.664显著上升为0.712,这表明,“退耕还林”政策的实施(2000—2005年)使土地利用合理性得到显著增加,“退耕还林”工程是中庄村小流域景观格局向合理化演变的主要驱动力。

(3)本文选择“退耕还林”工程实施较早的典型研究区——黄土丘陵区中庄村小流域作为案例区(比退耕还林全面启动时间2002年早2a)进行分析,所得结果可为其他尚在进行“退耕还林”工程建设阶段的地区提供及时的参考,具有一定的代表性和前瞻性。本文将2000年(研究区退耕还林正式实施的第1年)作为阶段划分点,将研究区“退耕还林”工程实行之前8a和退耕之后6a作为两个阶段进行对比分析,相对于类似研究^[16,18]仅对两期土地利用现状(退耕前和退耕后各一期)进行对比的通常做法更具优越性,本文对景观格局演变的评价结果更为突出,使“退耕还林”工程在驱动景观格局演变方面的作用得到充分体现。

(4)本文应用景观生态学原理,采用GIS和RS相结合的方法,通过斑块多样性、景观异质性和土地利用相对合理性等指数,有效的分析了“退耕还林”前后的景观格局演变过程。此方法获取数据相对容易,而且简单实用,对促进人类对生态脆弱区景观生态系统的监督具有积极意义,可为退耕还林工程的评价和监督以及土地利用的管理和规划提供及时、准确的支持。

References:

- [1] Caldwell I M, Maclaren V W, Chen J M, Ju W, Zhou S, Yin Y, Boland A. An integrated assessment model of carbon sequestration benefits: A case study of Liping county, China. *Journal of Environmental Management*, 2007, 85(3):757-773.
- [2] Zhou S, Yin Y, Xu W, Ji Z, Caldwell I, Ren J. The costs and benefits of reforestation in Liping County, Guizhou Province, China. *Journal of Environmental Management*, 2007, 85(3):722-735.
- [3] Peng H, Cheng G, Xu Z, Yin Y, Xu W. Social, economic, and ecological impacts of the “Grain for Green” project in China: A preliminary case in Zhangye, Northwest China. *Journal of Environmental Management*, 2007, 85(3):774-784.
- [4] Sun X, Xie G, Zhen L. Effects of converting arable land into forest (grassland) and eco-compensation: a case study in Yuanzhou county, Guyuan city of Ningxia Hui Autonomous Region. *Resources Science*, 2007, 29(2):194-200.
- [5] Long H, Heilig G, Wang J, Li X, Luo M, Wu X, Zhang M. Land use and soil erosion in the upper reaches of the Yangtze River: some socio-economic considerations on China's Grain-for-green Programme. *Land Degradation & Development*, 2006, 17(6):589-603.
- [6] Wang X, Lu C, Fang J, Shen Y. Implications for development of grain-for-green policy based on cropland suitability evaluation in desertification-affected north China. *Land Use Policy*, 2007, 24(2):417-424.
- [7] Xu Z, Xu J, Deng X, Huang J, Uchida E, Rozelle S. Grain for Green versus Grain: Conflict between Food Security and Conservation Set-Aside in China. *World Development*, 2006, 34(1):130-148.
- [8] McVicar T R, Li L, Van Niel T G, Zhang L, Li R, Yang Q, Zhang X, Mu X, Wen Z, Liu W, Zhao Y, Liu Z, Gao P. Developing a decision support tool for China's re-vegetation program: Simulating regional impacts of afforestation on average annual streamflow in the Loess Plateau. *Forest Ecology and Management*, 2007, 251(1-2):65-81.
- [9] Du F. Impacts of Replacing Agriculture with Forestation Policy on Agricultural Production in Zhuozhi County. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2008, 22(4):86-90.
- [10] ESRI. ArcGIS 9.2. Redlands, CA, USA: ESRI Inc, 2006.
- [11] McGarigal K, Cushman S A, Neel M C, Ene E. FRAGSTATS 3.3: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Massachusetts: University of Massachusetts, Amherst, 2002.
- [12] Fu B, Chen L. Agricultural landscape spatial pattern analysis in the semi-arid hill area of the Loess Plateau, China. *Journal of Arid Environments*, 2000, 44(3):291-303.
- [13] Abdullah S A, Nakagoshi N. Changes in landscape spatial pattern in the highly developing state of Selangor, peninsular Malaysia. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 77(3):263-275.
- [14] Wang C, Wei C, Yuan M, Jiang W, Li Y. Response to the landscape pattern on the land use pattern under the different types of geomorphology.

Transactions of CSAE, 2007, 23(9):64-71.

- [15] Wang Y, Zhao Y, Han D. The spatial structure of landscape eco-systems: concept, indices and case studies. Advance in Earth Science, 1999, 14(3):235-241.
- [16] Hao S, Chen N, Ke J. Dynamic analysis of the spatial pattern of landscape of small watershed in loess hilly-gully region. Transactions of CSAE, 2005, 21(6):50-53.
- [17] Chen L, Wang J, Fu B, Qiu Y. Land-use change in a small catchment of northern Loess Plateau, China. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2001, 86(2):163-172.
- [18] Jia X, Chang Q, Xue A, Wei L, Wang D. Ecological effects of returning farmland to forest land in the loess gully and hilly region. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2008, 28(3):182-185.

参考文献:

- [4] 孙新章,谢高地,甄霖. 泾河流域退耕还林(草)综合效益与生态补偿趋向——以宁夏回族自治区固原市原州区为例. 资源科学,2007, 29(2):194-200.
- [9] 杜富林. 黄河上中游地区实施退耕还林还草政策对农业生产的影响——以内蒙古乌兰察布市卓资县为例. 干旱区资源与环境,2008, 22(4):86-90.
- [14] 王成,魏朝富,袁敏,蒋伟,李阳兵. 不同地貌类型下景观格局对土地利用方式的响应. 农业工程学报,2007, 23(9):64-71.
- [15] 王仰麟,赵一斌,韩荡. 景观生态系统的空间结构:概念、指标与案例. 地球科学进展,1999, 14(3):235-241.
- [16] 郝仕龙,陈南洋,柯俊. 黄土丘陵小流域土地利用景观空间格局动态分析. 农业工程学报,2005, 21(6):50-53.
- [18] 贾晓娟,常庆瑞,薛阿亮,蔚林,王德彩. 黄土高原丘陵沟壑区退耕还林生态效应评价. 水土保持通报,2008, 28(3):182-185.