

# 泾河上游固原县景观变化地形梯度特征分析

董有福<sup>1,2</sup>, 汤国安<sup>2</sup>, 赵永华<sup>3</sup>

(1. 南京工业大学 土木工程学院, 江苏 南京 210009; 2. 南京师范大学 虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏 南京 210046; 3. 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 以泾河上游固原县为研究区, 采用 1986 年和 2000 年景观格局数据, 利用地形位梯度指数和景观类型转移概率矩阵, 对该县 20 世纪末景观格局的地形梯度特征及其变化规律进行了定量分析和探讨。结果表明, 研究期内景观类型在地形位梯度上整体分布格局保持高低二段式结构, 草地和林地景观以高地形位为优势区域, 其它景观类型主要占据低地形位。由于该期间景观类型相互转化, 各种景观类型在不同地形位区间上分布指数呈现出规律性变化, 主要表现在低地形位上建设用地优势程度上升而耕地相对下降, 高地形位上草地优势程度增加而林地相对降低, 反映了人类活动主要限于低地形位地段上, 对景观改造和影响程度较低, 且该区不合理的景观结构状况得到一定程度的改观。

**关键词:** 景观格局; 地形梯度; 地形位指数; 固原县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)01-0222-05

中图分类号: F301.24

## Terrain Gradient Characteristic Analysis of Landscape Change in Guyuan County in the Upper Reaches of Jinghe River

DONG You-fu<sup>1,2</sup>, TANG Guo-an<sup>2</sup>, ZHAO Yong-hua<sup>3</sup>

(1. College of Civil Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing, Jiangsu 210009, China; 2. Key Laboratory of Virtual Geographic Environment, Nanjing Normal University of the Ministry of Education, Nanjing, Jiangsu 210097, China; 3. College of Earth Science and Land Resources Management, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

**Abstract:** Based on landscape pattern data in 1986 and 2000, terrain gradient characteristics of landscape pattern change in Guyuan County in the upper reaches of Jinghe River were quantitatively analyzed and discussed by using terrain niche index and transformation probability among the landscape types. Results showed that the whole landscape spatial pattern along terrain gradient was subject to little change during the late 20th century. Grassland and forest mainly occupied high terrain niches and other landscape types occupied low terrain niches. Meanwhile, there was regular variation in their distribution index values in different terrain niche zones because of the conversion and competition among the landscape types to a certain extent. The dominance degree of construction land on low terrain niches increased and the dominance degree of farmland decreased reversely, while the dominance degree of grassland on high terrain niches ascended and the dominance degree of forest descended correspondingly. Conclusively, human's reconstruction on landscape patterns in Guyuan County focuses on low terrain niche areas so that the effects are not obvious and the unreasonable landscape structure being formed previously does not change significantly.

**Keywords:** landscape pattern; terrain gradient; terrain niche index; Guyuan County

土地利用格局和土地覆盖变化(LUCC)是各种自然要素和人文要素长期综合作用的结果,其时空差异及其形成机制是当前热点研究问题之一<sup>[1-2]</sup>。在景观格局变化研究中,地形条件是一个非常重要的因子,它不仅决定了地表光、热、水、土等植被生长的立

地环境,而且对土地利用方式产生重要影响。国内外学者针对地形因子与植被和土地利用方式、土地利用过程间的相关性和相互关系进行了大量研究。如 Ostendorf 等建立了一个基于地形的植被格局模型<sup>[3]</sup>, Swsnond 等从理论上分析了地形对生态系统

收稿日期: 2009-06-04

修回日期: 2009-10-18

资助项目: 国家基础研究重大(973)规划项目“农林复合景观的生态耦合关系及水土资源优化配置”(2002CB111506)

作者简介: 董有福(1976—), 男(汉族), 河南省信阳县人, 讲师, 博士研究生, 主要从事数字地形分析和景观生态学研究。E-mail: dongyoufu@163.com

格局与过程产生的影响<sup>[4]</sup>, 沈泽昊等运用 DCCA 等各种方法分析了地形对三峡森林物种多样性及景观空间格局的影响<sup>[5]</sup>, 孔繁花等在景观尺度上探讨地形因子对大兴安岭北坡森林景观变化影响<sup>[6]</sup>。但众多研究主要是基于高程、坡度和坡向等单一地形因子, 而采用多因子综合法探讨地形因素对土地利用格局及其变化的影响已成为一种趋势, 如喻红等利用无量纲的地形分布指数对深圳快速城市化过程中景观组分的空间分布特征及其变化进行了半定量分析<sup>[7]</sup>, 陈利顶等综合考虑坡度和坡位因子对北京市 20 世纪末土地利用变化的地形梯度特征及其空间扩展趋势进行了研究<sup>[8]</sup>, 斯钧浪等结合地形位特征和土地利用程度综合指数探讨了胶东山区县域土地利用结构的变化<sup>[9]</sup>。本文主要借助地形位指数法对泾河上游固原县 20 世纪末土地利用变化特征进行分析, 揭示地形因素对土地利用方式的影响, 进而为该区景观结构调整和生态环境重建提供参考依据。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

固原县位于泾河上游宁夏回族自治区南部边缘, 西靠六盘山, 东临清水河, 南北长 115 km, 东西最宽处 90 km, 总面积 3 915 km<sup>2</sup>; 固原县地处黄土高原西北部, 境内山多川少, 地貌类型复杂多样, 川、台塬、山地、沟壑共存。东北部为黄土丘陵区, 中部为河谷平原, 西

南部为石质中山和土石质低山, 地势起伏较大。海拔 1 248~2 930 m, 平均坡度为 13.5°; 该县为森林草原向典型草原过渡地区, 具有土地辽阔, 水热组合多样, 天然草场面积大等有利条件。同时也存在制约生产力提高的诸多因素, 土地利用结构不合理, 农地偏多, 林地偏少; 自然灾害频繁, 水土流失和土壤盐渍化严重, 土壤质地差, 土壤肥力低, 天然草场多退化为牧荒地<sup>[10]</sup>。

### 1.2 研究方法与过程

1.2.1 数据来源及预处理 本次研究主要数据来源于中国科学院地理科学与资源研究所提供的泾河流域 1986 年和 2000 年 1:10 万土地利用现状图和该区等高线地形图和高程采样点矢量数据。根据研究需要和国家土地利用一级分类方案, 将研究区景观归并为 6 种类型: 耕地(坡旱地和沟台地)、林地(有林地、灌木林、疏林地和未成林地)、草地(天然草地、改良草地和人工草地)、建设用地(城镇用地、农村居民点和其它建设用地)、水体(湖泊、水库坑塘、滩涂等)和未利用地(沙地、裸土地等)。经过处理后获得该区两个时相景观类型相互转移概率矩阵和景观要素构成及其变化, 如表 1 所示。在 ArcGIS 平台上, 以研究区 1:10 万矢量等高线和高程点为数据源, 将水系和道路作为约束条件, 构建约束不规则三角网, 在此基础上采用线性插值法生成规则格网 DEM, 综合考虑等高线数据源比例尺特征和研究区范围大小, 将 DEM 的栅格分辨率设置为 12.5 m。

表 1 固原县 1986—2000 年景观要素构成及转移概率矩阵

| 景观类型 | 1986—2000 年 |       |       |      |       |      | 1986 景观类型          | 2000 景观类型          | 景观类型面积              |
|------|-------------|-------|-------|------|-------|------|--------------------|--------------------|---------------------|
|      | 耕地          | 林地    | 草地    | 建设用地 | 水体    | 未利用地 | 面积/km <sup>2</sup> | 面积/km <sup>2</sup> | 变化量/km <sup>2</sup> |
| 耕地   | 98.5%       | 0.8%  | 0.3%  | 0.4% | 0     | 0    | 1 642.4            | 1 731.6            | 89.2                |
| 林地   | 0.6%        | 99.2% | 0.2%  | 0    | 0     | 0    | 283.6              | 308.2              | 24.5                |
| 草地   | 6.0%        | 0.8%  | 93.2% | 0    | 0     | 0    | 1 839.0            | 1 721.1            | -117.9              |
| 建设用地 | 0           | 0     | 0     | 100% | 0     | 0    | 73.0               | 79.3               | 6.3                 |
| 水体   | 5.8%        | 0.3%  | 3.3%  | 0    | 90.6% | 0    | 40.0               | 37.5               | -2.5                |
| 未利用地 | 0           | 0     | 0     | 0    | 0     | 100% | 3.2                | 3.5                | 0.3                 |

### 1.2.2 地形位及分布指数计算

(1) 地形位指数。地形位指数能有效反映地形高程和地形坡度对景观空间分布的综合影响作用。本文借助于该指数来刻画景观地形梯度特征<sup>[9]</sup>, 其计算公式为:

$$T = \lg \left[ \left( \frac{E}{\bar{E}} + 1 \right) \cdot \left( \frac{S}{\bar{S}} + 1 \right) \right] \quad (1)$$

式中:  $T$ ——地形位指数;  $E, \bar{E}$ ——空间任一点高程值和该点所在区域内平均高程值;  $S, \bar{S}$ ——空间任一点对应坡度值和该点所在区域内平均坡度值。

那么, 空间上每一点都有一个地形位, 高程越高, 坡度越大的空间点, 其地形位指数越大, 反之则越小, 其它组合情况的地形位指数则居中。由于土地利用结构受到人类生产活动的重要影响, 同时人类活动又受到地形条件的显著制约, 因此, 综合考虑高程位置和坡度条件的地形位指数对区域土地利用结构特征及其变化能起到较好的指示作用。

根据 DEM 栅格高程值, 通过数字地形分析计算出相应栅格单元坡度值, 采用上述公式计算得到每个栅格单元的地形位指数。为了便于比较和分析, 本文

将连续地形位指数值进行了离散化重分类处理,生成 50 个地形位区段。

(2) 地形位分布指数。通过地形位指数可以将景观空间分布特征研究简化为不同景观类型在不同地形位梯度上出现频率大小的探讨。同时为了消除不同地形位区段面积差异和不同景观类型面积差异对这种频率分布可比性的影响,可以使用地形位分布指数来比较不同景观类型在不同地形位梯度上的空间差异,其计算公式为。

$$P_{ie} = (S_{ie} / S_i) / (S_e / S) \quad (2)$$

式中:  $P_{ie}$ ——第  $i$  种景观类型在地形位  $S$  上的分布指数;  $S_{ie}$ ——第  $i$  种景观类型的面积;  $S$ ——整个研究区内第  $i$  种景观类型总面积;  $S_e$ ——整个研究区内第  $e$  种地形位的总面积;  $S$ ——整个研究区总面积。地形位分布指数作为一个标准化、无量纲指数,其取值范围为  $[0, S]$ 。若  $P_{ie} > 1$  时,表示地形位  $e$  是该景观类型的优势地形位,  $P_{ie}$  越大,优势越明显。反之若  $P_{ie} < 1$ ,表示地形位  $e$  是该景观类型分布的非优势地形位。

地形位分布指数对于景观组分空间分布的指示意义有:(1) 某一景观类型地形位分布指数曲线变化能够反映出该景观类型对不同地形位的适宜性程度;(2) 某一地形位不同景观类型分布指数差异能够反映出该地形位对不同景观类型的适宜性程度。

利用 ArcGIS 矢量转栅格功能处理得到与分辨率与 DEM 相匹配的景观类型栅格图,并将固原县地形位栅格图层和景观类型栅格图层进行叠加,统计出每种景观类型在不同地形位上的面积,然后计算不同景观类型在地形位梯度上的分布指数,在此基础上对景观类型地形位梯度特征进行定量分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 景观类型在地形梯度位上空间分布整体特征

从固原县 1986 年和 2000 年各景观类型地形位分布指数图(图 1)上可以看出,一方面两个时相景观地形位梯度整体趋势依然维持高、低二段式结构,表现为耕地、居民地和建设用地、水体以及未利用地主要占据低地形位区域,而林地和草地以高地形位为其优势区域,并且各景观类型优势地形位分布区间和分布频率趋势线变异幅度较小,如表 2 所示。另一方面,该期间不同景观类型在不同局部地形位区间分布指数呈现出有规律变化,主要表现为耕地和建设用地在低地形位区域上的竞争,林地和草地在高地形位区域上的竞争。总体而言,该区景观类型地形位格局特征及其变化比较简单,反映了该区在 20 世纪末仍然以传统的农业经营方式为主,景观类型空间分布特征受自然地形地势条件制约作用明显;由于生产用地相

对丰富和投入方面限制,人类活动对景观结构改造作用比较有限。

### 2.2 各景观类型在地形梯度位上的空间分布特征

各种景观类型在地形梯度上分布及 1986—2000 年期间变化具有不同特点。

(1) 耕地。耕地地形位分布指数随地形位升高呈明显下降趋势。虽然耕地优势地形位区间 2000 年比 1986 年略有增加(仅上升一个单位),但耕地地形位梯度特征变化仍然比较明显,总体趋势由原来的高低二段式转向为较低—高一低三段式结构。具体而言,2000 年耕地地形位分布指数与 1986 年相比,在低地形位 1~5 上降低幅度较大,6~10 地形位上降低幅度较小,13~37 稍有升高,其它地形位上差异很小。这种变化格局体现了耕地景观面积在扩张,但由于低地形位区域耕地受到其它景观类型挤压和地形条件制约,优势地位开始降低,并逐渐向较高地形位区扩张,但扩张范围较小。

(2) 建设用地。建设用地在地形位梯度上的分布指数同耕地相似,以低地形位为其优势区间,随地形位增加呈先升后降趋势,峰值地形位为 5。1986—2000 年,其优势地形位区间保持不变,都位于 1~12 之间;地形位分布指数在区间 1~8 明显增加,在区间 9~12 相对降低,其它区间基本不变。这说明建设用地的扩展绝大部分集中在低地形位区域,主要是占用部分耕地资源;同时较高地形位对建设用地的制约作用明显,导致建设用地规模在较大幅度增长同时,优势地形位区间并没有发生明显变化。

(3) 林地。林地的地形位分布指数随地形位升高而基本呈上升趋势,同时在地形位处出现一个峰值。1986—2000 年,优势地形位区间上限都为 50,下限从 29 变为 27,向下延伸了 2 个单位;地形位分布指数在高地形位区间 38~50 明显降低,31~37 降幅较小,而在区间 8~24,27~30 相对增加,其它区间维持平衡。结合景观类型相关转移概率可以看出,林地在地形位上分布优势程度相对下降,其原因是高地形位上部分林地退化为草地,在中低地形位上的草地上进行人工造林和部分坡旱地进行退耕还林共同作用的结果。

(4) 草地。草地的地形位分布指数总体趋势是上升后降低再上升,在中等到较高地形位区间内形成一个峰值。1986—2000 年,优势地形位区间上升了两个单位,即由 15~50 改变为 17~50;地形位分布指数的一个显著变化是在高地形位区间 31~50 增幅明显,同时在区间 8~20 相对降低,表现为中低地形位向林地和耕地景观转化,反映了该期间人类对草地资源的改造和利用效果较突出,草地景观在中低地形位受到挤压,从而向自然条件不好的高地形位收缩。

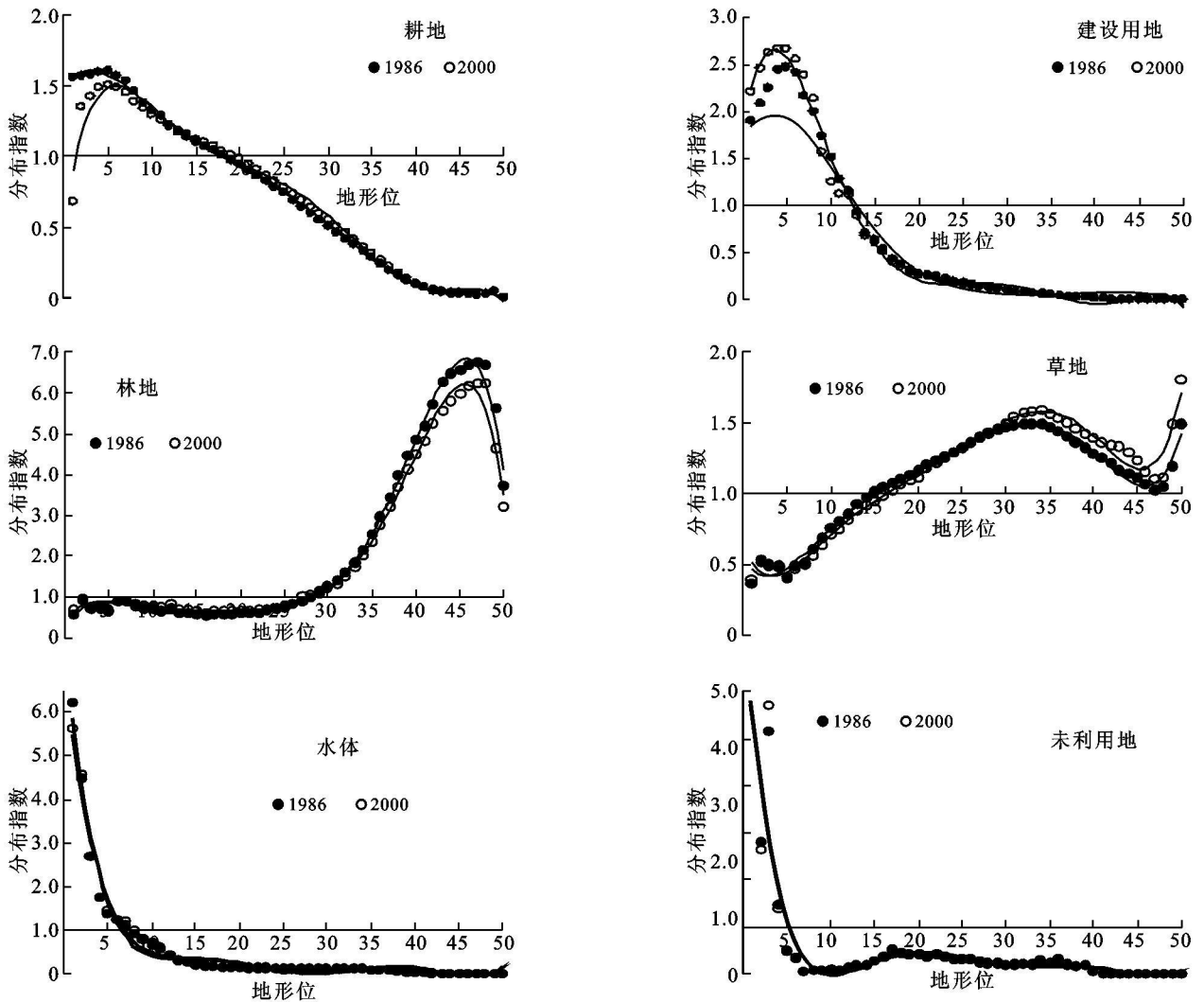


图 1 固原县景观类型地形位梯度指数分布图

表 2 固原县景观类型优势地形位分布区间

| 年份   | 耕地   | 林地    | 草地    | 建设用地 | 水体  | 未利用地 |
|------|------|-------|-------|------|-----|------|
| 1986 | 1~18 | 29~50 | 15~50 | 1~12 | 1~6 | 2~4  |
| 2000 | 1~19 | 27~50 | 17~50 | 1~12 | 1~6 | 2~4  |

(5) 水体。水体地形位分布指数随地形位升高而下降。1986 年和 2000 年两个时相水体优势地形位区间都为 1~6; 地形位分布指数的主要变化是在地形位 1 上降幅较大, 而在其它地形位上基本相当。从该县景观构成及其转化可以看出, 位于河谷平原区少量滩地被改造成耕地、草地和林地, 而其它地形位水体保持不变; 这也说明由于水体形成需要集水区域, 只能在低地形位上存在, 并且难以向较高地形位扩展, 人类活动对其影响也仅限于低地形位区域。

(6) 未利用地。未利用地景观主要为位于中部河谷平原上的沙地和裸土地, 地形位分布整体趋势呈

现高低两段式结构。两个时相的优势地形位区间也没有发生变化, 为 2~4 之间; 地形位分布指数的主要变化表现为在地形位 3 上的明显上升, 在地形位 2, 4 上的相对下降, 而其它地形位维持不变。其原因是河谷平原上沙地向外扩张造成未利用地面积增加并导致地形位 3 上分布指数明显变化, 也说明了该期间未利用地景观没有受到人为因素干扰。

### 3 结论

景观类型地形梯度位特征反映了地形条件对其空间分布的制约作用大小, 同时也可以反映出人类对

景观格局改造和利用的难易程度。研究期间,固原县景观类型地形梯度位总体分布格局及变化趋势并没有发生显著变化,耕地、建设用地、水体和未利用地占据低地形位区域,而林地和草地以中高地形位为优势区域;与此同时,由于各景观类型间的转化和竞争,使得其在不同地形位区段上分布频率有了一定程度的变异。尽管耕地资源面积在扩张,但其在低地形位上的分布指数降幅明显。而建设用地低地形位分布指数相对上升。林地景观面积增加但表现为高地形位分布指数下降,而相应草地景观受到其它景观类型挤压,优势地形位只能向高地形位收缩并且程度得到加强。水体和未利用地由于受其特定地形位限制,两相地形梯度格局变化较小。固原县景观类型地形梯度位特征反映了地形条件决定了大中尺度景观整体格局的基本骨架,上世纪末景观结构变化仍然主要受自然过程影响;人类活动对景观的改造和利用仍然限于低地形位区段上的小尺度行为,土地利用结构不合理的状况依然没有明显改变。

景观格局地形梯度位特征及其变化具有尺度依赖性,即研究结果受到地域尺度、数据尺度、时间尺度以及分析尺度大小的影响;由于本文研究区范围大,采用的土地利用数据比例尺相对较小,地形数据分辨率较低,因此与基于大比例尺景观数据和高分辨率 DEM 数据的地形梯度分析结果会存在一定差异,即尺度效应问题。由于目前研究条件有限未进行相关分析,但这方面研究非常值得进一步深入探索。

## [ 参 考 文 献 ]

(上接第 218 页)

- [ 6 ] 张国祯. 退耕还林试点阶段社会、经济、生态效益评价研究[ D ]. 北京: 北京林业大学, 2003.
- [ 7 ] 刘志超, 杜英, 徐丽萍, 等. 黄土丘陵沟壑区退耕工程的经济效应: 以安塞县为例[ J ]. 生态学报, 2008, 28(4): 108-112.
- [ 8 ] 贾晓娟, 常庆瑞, 薛阿亮, 等. 黄土高原丘陵沟壑区退耕还林生态效应评[ J ]. 水土保持通报, 2008, 28(3): 182-185.
- [ 9 ] 庞森. 退耕还林工程对农户影响评估: 四川省案例分析[ J ]. 林业经济, 2007(7): 51-54.
- [ 10 ] 李蕾, 刘黎明, 唐伟. 退耕还林还草对农民收入及农村

- [ 1 ] Mottet A, Ladet S, Coque' N, et al. Agricultural land-use change and it s drivers in mountain landscapes; A case study in the Pyrenees[ J ]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2006, 114(2): 296-310.
- [ 2 ] 傅伯杰, 吕一河, 陈利顶, 等. 国际景观生态学研究进展[ J ]. 生态学报, 2008, 28(2): 798-804.
- [ 3 ] Ostendorf B Reynolds J F. A model of arctic tundra vegetation derived from topographic gradients[ J ]. Landscape Ecology, 1998, 13: 187-202.
- [ 4 ] Swsmond F J Kratz T K, Caine N. Landform effects on ecosystem pattern and processes[ J ]. BioScience, 1988, 38: 92-98.
- [ 5 ] 沈泽昊, 张新时. 三峡大老岭森林物种多样性的空间格局分析及其地形解释[ J ]. 植物学报, 2000, 42(6): 620-627.
- [ 6 ] 孔繁花, 李秀珍, 尹海伟, 等. 地形对大兴安岭北坡林火迹地森林景观格局影响的梯度分析[ J ]. 生态学报, 2004, 24(9): 1863-1871.
- [ 7 ] 喻红, 曾辉, 江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[ J ]. 地理科学, 2001, 21(1): 64-69.
- [ 8 ] 陈利顶, 杨爽, 冯晓明. 土地利用变化的地形梯度特征与空间扩展: 以北京市海淀区和延庆县为例[ J ]. 地理研究, 2008, 27(6): 1225-1235.
- [ 9 ] 斯钧浪, 齐伟, 曲衍波, 等. 胶东山区县域土地利用在地形梯度上的分布特征[ J ]. 生态生态学报, 2009, 20(3): 679-685.
- [ 10 ] 邹厚远, 陈国良. 固原县自然条件概况[ J ]. 水土保持研究, 1998, 5(1): 1-6.

经济的影响[ J ]. 农村经济, 2004(3): 50-51.

- [ 11 ] 刘璨, 张巍. 退耕还林政策选择对农户收入的影响: 以我国京津风沙源治理工程为例[ J ]. 经济学季刊, 2006, 6(1): 273-290.
- [ 12 ] 张晓蕾, 姚顺波. 退耕还林对农户消费结构影响的实证研究: 以陕北吴起县为例[ J ]. 林业经济, 2008(2): 14-17.
- [ 13 ] 陶燕格, 刘艳华, 宋乃平, 等. 退耕还林对农户收益情况影响的对比分析: 以宁夏回族自治区原州区为例[ J ]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(6): 36-42.
- [ 14 ] 虎晨霞, 傅伯杰, 连纲, 等. 黄土丘陵沟壑区农户环境意识和退耕政策的态度的分析[ J ]. 农业经济, 2007(5): 31-33.