

讨赖河流域近 30 年土地利用与景观格局动态

潘竟虎, 刘 晓

(西北师范大学 地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 以讨赖河流域 1976 年 Landsat MSS、1989 年、2000 年和 2010 年的 Landsat TM 4 期遥感影像为数据源, 运用土地利用变化幅度、动态度、转移矩阵等方法, 并结合景观指数, 采用主成分分析方法, 分析了流域 1976—2010 年间的土地利用/覆被和景观格局的变化及其驱动力。结果表明: 近 34 年, 研究区耕地和城乡建设用地所占比例持续上升, 分别由 4% 和 0.04% 增加到 7.4% 和 0.26%; 冰川和永久性积雪、草地面积则分别减少 897.98 km² 和 383.69 km²。各土地利用类型中以城乡建设用地的动态度最高, 达 16.13%, 耕地次之。土地利用类型间主要转移方向为: 冰川和永久性积雪转化为裸岩石砾地, 戈壁转化为耕地, 林地与草地间相互转化。整个景观的斑块密度先增大后降低, 最大斑块指数先减小后增大, 景观趋于更加破碎, 景观的多样性先减小, 后增加。人口增长和经济发展因素是研究区土地利用/覆被变化的最直接驱动力, 同时也受气候因素的影响。

关键词: 土地利用; 景观格局; 动态变化; 驱动力; 讨赖河

中图分类号: F301.24; Q149 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)05-0142-08

Dynamic changes of land use and landscape pattern in Taolai River Basin in the recent 30 years

PAN Jing-hu, LIU Xiao

(College of Geographic and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Based on the MSS images in 1976 and the TM images in 1989, 2000 and 2010, the changes of land use/coverage and landscape pattern and their driving force in Taolai River Basin were analyzed from 1976 to 2010 by using principal component analysis method in combination with landscape indexes and the methods of variation amplitude, dynamic degree and transfer matrix. The results indicated that during the recent 34 years after 1976, the proportions of cultivated land and construction land expanded sharply from 4% and 0.04% to 7.4% and 0.26%, respectively; while the area of glaciers and permanent snow and grassland decreased by $897.98 \times 10^4 \text{ hm}^2$ and $383.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$, respectively. Among the various types of land use, construction land was the highest in dynamic degree (16.13%), followed by cultivated land. The conversion of glaciers and permanent snow into bare rocks, the conversion of gobi into cultivated land and the conversion between forestland and grassland were the main trends of land use variation. The patch density of total landscape increased at first and decreased later, while the largest path index decreased at first and expended later. Therefore, the shape of landscape became more and more irregular, and the degree of landscape diversity decreased at first increased later. The population growth and economic development were the most direct driving forces of land use/coverage changes in Taolai River Basin, and climatic factors also affected land use/coverage changes to some extend.

Keywords: land use; landscape pattern; dynamic change; driving force; Taolai River Basin

土地利用/覆被变化(LUCC)是全球环境变化和可持续发展研究的重要内容^[1]。LUCC 既是全球变化的重要组成部分和主要原因, 同时能够反映出自然格局、过程与人类社会之间最直接的相互作用关系^[2]。LUCC 对区域生态环境产生重要影响, 并以累积的方式影响全球环境变化。因此, 区域土地利用变化过程、趋势和驱动力分析是 LUCC 的前沿研究课题^[3]。目前, 区域 LUCC 研究主要集中在城市化快速推进区和生态脆弱区, 对生态脆弱区的研究不仅有利于人们对脆弱区的认识、揭示其形成演变

收稿日期: 2013-06-19
基金项目: 国家自然科学基金项目(41061017); 甘肃省自然科学基金项目(1208RJZA159)
作者简介: 潘竟虎(1974—), 男, 甘肃嘉峪关人, 博士, 副教授, 主要从事土地利用与生态遥感研究。E-mail: panjh - nwnu @ 163 . com。

机制,更有助于发现各种自然和人文因素对土地利用可持续性的影响。从景观生态学角度来看,土地利用是各种土地利用类型的景观镶嵌体^[4],数量化分析景观组分的空间分布特征,是进一步研究景观功能和动态的基础。

干旱区内陆河流域是我国生态环境最为脆弱的区域,生态系统对气候变化和人类活动的影响十分敏感。长期以来,由于自然因素和人类不合理的开发利用,流域的生态环境大都持续恶化,出现了河道干涸、河流断流、地下水位下降、水质恶化、土地荒漠化扩大、沙尘暴频发等生态问题,成为学界研究的热点区域^[5-7]。但已有研究的数据源时段较短且分布不均匀,研究相对零散,多针对流域某一部分展开,基于全面、综合、长时间尺度的 LUCC 研究并不多见,有关 LUCC 与景观格局相互影响的研究相对薄弱^[8]。基于此,我们以讨赖河流域为研究对象,运用遥感、GIS 和景观生态学方法,分析研究区 LUCC 过程与景观格局动态,并探讨土地利用变化对景观格局影响的一般规律,以期为流域土地利用规划、管理和生态恢复,为保障研究区景观结构、功能稳定和实现该区域土地资源可持续利用提供依据。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

讨赖河地处甘肃省河西走廊中段,属黑河水系一级支流,发源于祁连山区讨赖南山东段,介于 97°22′~99°27′E, 38°24′~40°56′N 之间,涉及嘉峪关市、酒泉市、金塔县及肃南县部分区域。主河道全长约 360 km,流域总面积为 2.81 万 km²,年均流量 20.2 m³·s⁻¹,多年平均径流量 6.36 亿 m³。径流年际变化不大,年内变化大,汛期 7—9 月来水量占全年来水量的 47%~77%,具有典型的西北干旱区河流的特征。流域地形南高北低,由祁连山区、酒泉盆地区和金塔盆地区 3 个地貌单元组成。上游南部祁连山地属典型高寒半干旱气候,年降水量 200 mm,土壤以高山寒漠土和山地栗钙土为主;中部走廊酒泉盆地至北部金塔盆地属大陆性中温带干旱气候,降水少,蒸发大,日照长,年平均气温 7.5℃,年日照时数 3 113 h,年平均降水量为 73 mm,蒸发量 2 344 mm。土壤主要为灌淤土和灰棕漠土,天然植被主要为温性荒漠植被。流域内绿洲区人口较为密集,灌溉农业发达,冶金、新能源、葡萄酿造、装备制造等产业已形成规模,是甘肃省区域发展战略中的“西翼”核心地区。总人口 80.77 万(2010 年),城镇化率 57.6%。

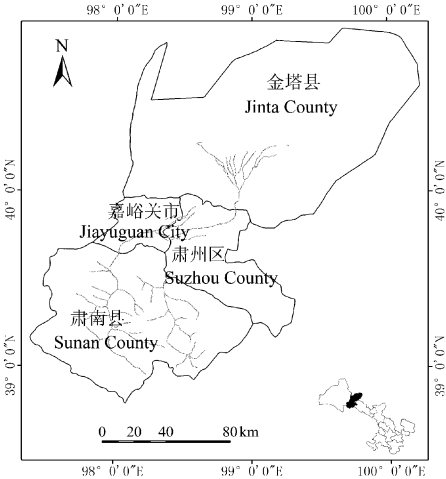


图 1 研究区位置示意图

Fig.1 Sketch map of location of the study area

1.2 数据源及处理

为保证数据的连续性与可比性,遥感影像选用同源的 Landsat 卫片,分别为 1976 年的 MSS 影像(轨道号 144/32 和 144/33),1989 年、2000 年和 2010 年的 TM 影像(轨道号 134/32、134/33、135/32、135/33,每期四景),时相均为 7—9 月。在 1:10 万地形图上采集控制点,将 2000 年 TM 数据进行几何校准,其余影像分别用校正后的 2000 年影像进行纠正,位置误差控制在一个像元内。在综合考虑遥感影像数据光谱信息和纹理特征的基础上,为了突出流域主要生态环境问题的时空演化情况,本文未采用传统的土地利用多级分类法,而是把未利用土地细分,将研究区内土地利用/覆被类型分为耕地、林地、草地、城乡建设用地、水体、沙地、戈壁、盐碱地、裸岩石砾地与冰川和永久性积雪 10 个类型。在 ArcGIS 支持下,进行遥感影像计算机辅助解译,建立拓扑关系,生成 4 期土地利用图。1976 年解译结果以 70 年代 1:5 万黑白航片评价,总精度为 80.2%,Kappa 系数为 0.786;1989 年解译结果以 80 年代 1:5 万彩色航片进行评价,总精度为 87.3%,Kappa 系数为 0.849;2000 和 2010 年解译结果采用 Google Earth 上的高分辨率影像图和 2010 年野外考察结果进行精度评价,总精度分别为 89.1% 和 90.8%,Kappa 系数分别为 0.861 和 0.875,能够满足大区域宏观土地利用及景观格局分析的需要。对解译得到的 4 期土地利用数据进行空间叠加分析和统计,获得土地利用类型转移矩阵。

驱动力分析所需的气象数据和社会经济统计数据分别取自中国气象数据共享网和 1990—2011 年的《甘肃年鉴》。

1.3 土地利用变化表征指标

土地利用变化过程和趋势可通过定量化的要素或数值如动态度、变化率、状态、方向和趋势等来表征,指数的数学表达式如下^[9-11]:

$$D = (L_a - L_c) + (L_b - L_c)L_a^{-1}T^{-1} \times 100\% \tag{1}$$

$$LC = (\sum_i \Delta LU_{i-j} / \sum LU_i) T^{-1} \times 100\% \tag{2}$$

$$S_j = 2 \times \min(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) \tag{3}$$

$$Q_j = \max(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) - \min(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) \tag{4}$$

$$C_j = S_j + Q_j \tag{5}$$

上述各式中, D 为 T 时段某种土地覆盖类型的动态度; L_b 和 L_a 分别为研究期末和期初某种土地覆盖类型的数量; L_c 为没有发生变化的某种土地利用类型的数量; T 为研究时段; LU_i 为起始时刻第 i 类土地利用类型的面积; ΔLU_{i-j} 为监测时段第 i 类土地利用类型转为第 j 类土地利用类型的面积。 S_j 为地类 j 发生空间位置转换的面积; P_{j+} 和 P_{+j} 分别为研究期初和期末地类 j 的面积; P_{jj} 为没有发生变化的面积; Q_j 为地类 j 面积的数量变化; C_j 为地类 j 的总变化量。

1.4 土地景观格局变化表征指数

在景观类型水平上分析景观指标时,选取斑块数目(NP),斑块比例(PLAND),形状指数(LSI),散布与并列指数(IJI),结合度指数(COHESION)5个指标。在景观水平上分析景观指标时,选取斑块密度(PD)、最大斑块所占景观面积的比例(LPI)、周长-面积分维数(PAFRAC)、散布与并列指数(IJI)、斑块结合度指数(COHESION)、破碎度(SPLIT)、香农多样性指数(SHDI)7个指标。指数中各参数的意义及其详细说明可参阅文献[12-13]及Fragstats用户指南。

2 结果与分析

2.1 土地利用变化过程

区域土地利用变化包括土地利用类型的面积变化、类型转变和空间格局演变。

2.1.1 土地利用/覆被总体变化特征 图2为各年份讨赖河流域土地利用空间格局图。利用马尔科夫模型对流域土地利用变化过程进行空间统计分析,得出1976—2010年间土地利用变化的转移概率矩阵(表1)。

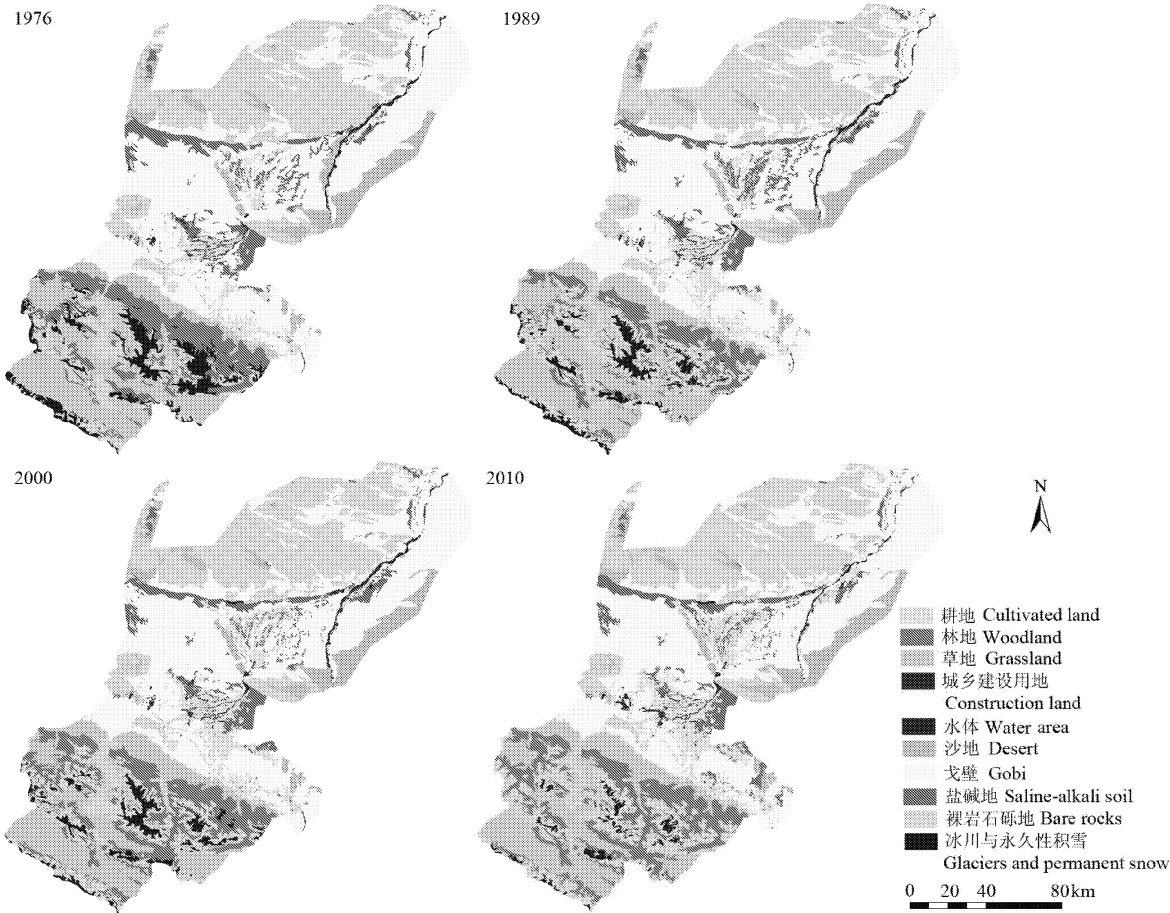


图 2 讨赖河流域 1976—2010 年土地利用空间格局
Fig.2 Spatial pattern of the land use in Taolai River Basin during 1976—2010

表 1 讨赖河流域 1976—2010 年土地利用类型转移矩阵/km²

Table 1 Transition matrix of land use types in Taolai River Basin during 1976—2010

1976	2010										总计 Total
	耕地 Cultivated land	林地 Woodland	草地 Grassland	城乡建 设用地 Construction land	水体 Water	沙地 Desert	戈壁 Gobi	盐碱地 Saline-alkali soil	裸岩石 砾地 Bare rocks	冰川永 久积雪 Glaciers and permanent snow	
耕地 Cultivated land	1064.45	0	0	20.85	5.07	4.06	19.35	9.6	0.02	0	1123.40
林地 Woodland	1.77	1583.65	305.9	0	0	0	0	0	155.19	9.21	2055.72
草地 Grassland	1.38	722.52	2713.65	0	0	0	0	0	308.33	20.28	3766.16
城乡建设用地 Construction land	3.22	0	0	8.16	0.04	0	1.13	0	0	0	12.55
水体 Water	19.75	0.37	1.59	1.39	133.25	0.3	64.28	7.44	0	0	228.37
沙地 Desert	4.46	0	0	0	1.91	1373.11	104.37	2.64	1.32	0	1487.81
戈壁 Gobi	716.89	0	7.42	41.44	20.7	40.72	8795.86	445.16	34.18	0	10102.37
盐碱地 Saline-alkali soil	264.95	0	0	0.82	17.71	24.53	295.03	744.99	1.73	0	1349.76
裸岩石砾地 Bare rocks	2.13	115.37	283.73	0	3.1	13.12	186.27	15.85	6147.02	19.24	6785.83
冰川永久积雪 Glaciers and perma- nent snow	0	90.87	70.18	0	0	0	0	0	785.66	239.68	1186.39
总计 Total	2079.00	2512.78	3382.47	72.66	181.78	1455.84	9466.29	1225.68	7433.45	288.41	28098.36

1) 土地利用结构变化。由表 1 看出,讨赖河流域 1976—2010 年间土地利用结构总体上无明显变化,土地利用变化的主要特征是城乡建设用地和耕地等代表人类对土地利用深度和广度的类型面积快速增长,而对于干旱生态系统起重要调节作用的草地、水域、冰川和永久性积雪等面积则大幅减少。面积增加最多的土地利用类型是耕地,34 年间增加了 955.6 km²;其次是裸岩石砾地,面积增加了 647.62 km²。冰川和永久性积雪面积减少最为剧烈,减少了 897.98 km²,其次是戈壁,面积减少了 636.08 km²。就变化幅度而言,34 年间城乡建设用地面积增长幅度为 478.96%,而冰川和永久性积雪减少幅度为 311.36%。

2) 土地利用的空间位置转换和数量变化。由表 2 可知,1976—2010 年,讨赖河流域各土地利用类型总变化的面积大小依次是戈壁>裸岩石砾地>草地>林地>盐碱地>耕地>冰川和永久性积雪>沙地>水体>城乡建设用地;变化形式上,耕地、城乡建设用地、冰川和永久性积雪发生空间位置转换的面积小于其数量增加的面积,其余各地类的数量变化皆不同程度地小于其空间位置转换的面积;综合来看,整个流域土地利用的空间位置转换面积大于其数量变化。由于未利用地开发、冰川消融、雪线上升、土地退化等因素,致使草地、戈壁和裸岩石砾地表现为大面积的空间位置转换。

3) 土地利用动态度。流域水体、盐碱地、冰川和永久性积雪的转出率较高,耕地、林地和城乡建设用地的转入率较高,其中城乡建设用地的转入率高达 15.1%。就年变化而言,耕地和城乡建设用地的平均年递增率分别高达 1.83% 和 5.3%,而水体、冰川和永久性积雪则平均年递减 0.67% 和 4.07%,沙地和戈壁相对稳定。动态度计算结果表明,研究区综合土地利用动态度为 1.11%,其中城乡建设用地最大,沙地动态度最小。各土地利用类型的变化速度依次为城乡建设用地>耕地>冰川和永久性积雪>盐碱地>林地>水体>草地>裸岩石砾地>戈壁>沙地。

2.1.2 土地利用/覆被变化过程分析 1976—1989 年,研究区土地利用/覆被变化相对剧烈,整体处于不平衡态。从变化数量来看,林地、冰川和永久性积雪面积分别减少了 479.88 km² 和 429.44 km²,主要转为裸岩石砾地或高寒草地;沙地面积减少了 108.37 km²,主要去向为戈壁。裸岩石砾地面积增加了 449.62 km²,主要由冰川和永久性积雪、草地和林地转化而来;耕地面积增加了 354.24 km²,主要由戈壁开荒而来。从变化幅度来看,城乡建设用地面积增幅高达 133.33%,冰川和永久性积雪面积减幅也达到 36.2%。从空间上看,本时段土地利用变化以肃州区周边和讨赖河南岸为主要区域,大量未利用地转变为耕地,南部祁连山中山带也有大量林地、

冰川和永久性积雪转变为草地和裸岩石砾地。

表 2 讨赖河流域 1976—2010 年土地利用类型数量变化
Table 2 Dynamic change indexes of various land use types in Taolai River Basin during 1976—2010

类型 Type	转入 Gain /km ²	转出 Loss /km ²	总变化 Total change /km ²	空间位置转换 Change in spatial position /km ²	数量变化 Change in value /km ²	转入率 Gain rate / %	转出率 Loss rate / %	年变化率 Annual changing rate/ %	动态度 Dynamic degree / %
耕地 Cultivated land	1014.55	58.94	1073.49	117.89	955.6	2.66	0.15	1.83	2.81
林地 Woodland	929.13	472.07	1401.21	944.15	457.06	1.33	0.68	0.59	2.00
草地 Grassland	668.81	1052.51	1721.32	1337.62	383.70	0.52	0.82	-0.32	1.34
城乡建设用地 Construction land	64.49	4.4	68.89	8.80	60.09	15.10	1.03	5.30	16.13
水体 Water	48.53	95.12	143.65	97.06	46.59	0.63	1.23	-0.67	1.85
沙地 Desert	82.73	114.70	197.42	165.45	31.97	0.16	0.23	-0.06	0.39
戈壁 Gobi	670.44	1306.50	1976.94	1340.88	636.06	0.20	0.38	-0.19	0.58
盐碱地 Saline-alkali soil	480.68	604.76	1085.44	961.36	124.08	1.05	1.32	-0.28	2.37
裸岩石砾地 Bare rocks	1286.43	638.81	1925.24	1277.62	647.62	0.56	0.28	0.27	0.83
冰川永久积雪 Glaciers and permanent snow	48.73	946.71	995.44	97.46	897.98	0.12	2.35	-4.07	2.47
总计 Total	5294.52	5294.52	10589.1	6348.3	4240.8	0.55	0.55	0	1.11

1989—2000 年,研究区土地利用以单向转换为主。草地是面积减少最大的地类,减少了 759.58 km²,去向主要为林地和裸岩石砾地,代表了两个完全相反的演替过程。其次是戈壁,面积减少了 248.23 km²,主要转为耕地和盐碱地。面积增加最大的地类是林地,增加了 734.91 km²。林地增幅也最为显著,变化幅度为 46.64%;其次是城乡建设用地,增幅虽没有前一阶段那样明显,仍然高达 41.48%。草地、冰川和永久性积雪面积呈显著减少态势,其变幅分别为 18.6%和 9.27%。与前一时段相比,本时段耕地增长进入相对稳定期,林地锐减势头得到遏制,由于城市建设和工矿开发用地增加导致建设用地稳定增长,冰川面积继续减少,草地成为新的转出类型。

2000—2010 年,流域土地利用变化总体处于准平衡态,双向转换频繁。冰川和永久性积雪面积在此阶段又大量减少,减少了 398.8 km²,去向主要仍为裸岩石砾地。戈壁面积亦减少了 324.26 km²,转为耕地和盐碱地。耕地和林地面积持续增加,分别增加了 336.73 km²和 202.02 km²,耕地的增加源主要是盐碱地和戈壁,林地则主要由草地转化而来。就变化幅度而言,城乡建设用地和耕地增幅最大,分别增加了 75.26%和 19.33%;而冰川和永久性积雪减少了 58.03%。

3 个时期综合土地利用动态度分别为 2.11%、1.60%和 1.57%,依次递减,反映出研究区土地利用

变化速度经历了从急剧变化到平稳变化的过程。

2.2 景观空间格局特征

2.2.1 类型水平上的景观格局指数

1) 景观比例和斑块数量。从各斑块类型在景观总面积中所占的比例看(表 3),4 个年份占主导地位的斑块类型都是戈壁和裸岩石砾地,其他景观类型合计在总面积中所占的比例均不超过 40%。各景观类型中,耕地、城乡建设用地和裸岩石砾地面积比例 34 年间持续增长,冰川和永久性积雪、戈壁面积比例则持续降低。从斑块数目看,4 个年份斑块数最多的景观类型均为盐碱地,其次为耕地。城乡建设用地的斑块数目从 1976—2010 年持续增长,而冰川和永久性积雪斑块数目始终在减少,这也可以从形状指数的变化得到反映,城乡建设用地连续扩张使得其形状变复杂,而 4 时段冰川和永久性积雪大面积的消融致使其形状指数持续减小,趋于规则化。各时段耕地和盐碱地的形状指数变化不大,且其值始终很大。

2) 分离度。作为景观基质的裸岩石砾地和戈壁在所有年份的 IJI 指数均很大,表明这两种景观内部斑块间的比邻概率更为均等^[14]。裸岩石砾地和草地的 IJI 指数始终在减少,其他景观类型的变化无明显规律。

3) 连接性。从 1976 年到 2010 年,戈壁的 COHESION 都最高,接近 100,说明该地类一直是讨赖河流域最主要的景观类型,自然连通性最好。而各

年份城乡建设用地的 COHESION 均最低,说明建设用地的分布相对分散,空间连接性较低^[15]。

表 3 讨赖河流域 1976—2010 年类型水平上的景观指数

Table 3 Dynamic change indexes of various land use types in Taolai River Basin during 1976—2010

年份 Year	景观类型 Landscape type	NP/个	PLAND/%	LSI	IJI	COHESION
1976	耕地 Cultivated land	196	3.90	15.53	47.84	83.08
	林地 Woodland	100	7.35	10.70	47.50	94.05
	草地 Grassland	50	13.43	9.28	60.06	96.51
	城乡建设用地 Construction land	6	0.04	2.57	51.33	33.94
	水体 Water	101	0.86	10.73	62.94	50.33
	沙地 Desert	38	5.30	7.89	52.68	92.77
	戈壁 Gobi	122	35.98	13.18	71.81	99.21
	盐碱地 Saline-alkali soil	241	4.79	15.15	49.98	81.45
	裸岩石砾地 Bare rocks	119	24.19	12.30	75.55	96.49
	冰川永久积雪 Glaciers and permanent snow	119	4.17	12.22	49.37	87.90
1989	耕地 Cultivated land	136	4.92	15.51	46.32	92.92
	林地 Woodland	150	5.58	12.74	33.99	90.94
	草地 Grassland	97	14.6	11.05	52.52	96.88
	城乡建设用地 Construction land	19	0.10	4.17	46.36	29.85
	水体 Water	93	0.73	10.03	54.73	52.29
	沙地 Desert	212	5.12	15.79	49.07	89.71
	戈壁 Gobi	146	35.76	13.91	70.85	99.07
	盐碱地 Saline-alkali soil	212	4.71	15.60	49.51	81.95
	裸岩石砾地 Bare rocks	192	25.73	16.14	74.34	95.85
	冰川永久积雪 Glaciers and permanent snow	113	2.75	11.88	25.35	83.77
2000	耕地 Cultivated land	188	6.01	15.85	48.84	91.36
	林地 Woodland	121	8.29	13.58	38.8	94.71
	草地 Grassland	69	11.84	9.78	50.64	95.23
	城乡建设用地 Construction land	20	0.14	4.36	39.8	46.33
	水体 Water	94	0.85	10.42	55.53	56.44
	沙地 Desert	42	5.06	7.90	48.73	92.55
	戈壁 Gobi	174	34.91	13.98	71.61	98.19
	盐碱地 Saline-alkali soil	217	4.38	14.60	51.32	81.71
	裸岩石砾地 Bare rocks	163	26.08	15.60	73.49	96.03
	冰川永久积雪 Glaciers and permanent snow	94	2.43	10.79	31.93	82.38
2010	耕地 Cultivated land	195	7.26	15.4	51.86	93.06
	林地 Woodland	97	8.95	13.37	34.95	95.70
	草地 Grassland	39	12.07	9.48	47.53	96.29
	城乡建设用地 Construction land	29	0.25	5.67	42.07	61.33
	水体 Water	104	0.69	10.33	55.20	40.88
	沙地 Desert	39	5.20	7.96	50.20	92.94
	戈壁 Gobi	173	33.68	13.89	71.98	98.77
	盐碱地 Saline-alkali soil	218	4.37	14.89	49.42	79.40
	裸岩石砾地 Bare rocks	118	26.52	14.31	70.34	96.49
	冰川永久积雪 Glaciers and permanent snow	60	1.00	8.39	31.04	67.39

2.2.2 景观水平上的景观格局指数 表 4 为 Landscape 水平上的景观格局指数变化。可以看出,整个景观的斑块密度先增大后降低,最大斑块指数先减小后增大,面积加权形状指数变化不大;斑块间的结合度和散布并列指数总体呈减小趋势,景观中不同斑块类型的团聚度减小,延伸程度增加,表明 1976

年时景观中的优势斑块类型(主要是戈壁)的连接性较 2010 年差,景观更加破碎。34 年内景观的多样性指数呈现先减小后增加的态势,转折点为 1989 年,

说明该区的景观异质性 1989 年前较小,1989 年后在增大。

表 4 1976—2010 年讨赖河流域景观水平上的景观格局指数
Table 4 Changes of landscape indexes in Taolai River Basin during 1976—2010

年份 Year	PD(1/100 hm ²)	LPI/%	PAFRAC	COHESION	IJI	SPLIT/%	SHDI
1976	34922.77	31.71	1.39	97.16	71.16	7.83	1.78
1989	40615.31	29.82	1.40	96.89	68.16	8.65	1.74
2000	37801.02	16.33	1.40	95.86	68.65	15.60	1.77
2010	34283.16	26.63	1.39	96.75	67.80	10.23	1.78

2.3 土地覆被变化的驱动力

2.3.1 自然因素 研究区除祁连山区外,大部为冲积平原,地势比较平坦,坡度和海拔起伏不大,地形、地貌和土壤条件在短时间内变化不明显,本研究中自然因素只考虑气候变化。气候变化在一定程度上会改变区域水系统和水环境,最终影响区域土地利用/覆被的空间分布格局^[16]。选择酒泉和金塔两个气象站点 1971—2010 年的年均气温和降水数据,用 5 年移动平均法做趋势分析,结果表明(图 3),两个站点从 20 世纪 70 年代到 80 年代年均气温增长倾

向是 0.15℃/10a,90 年代以后达到 0.5℃/10a,2000 年以后增温更是明显,温度总体上在波动中呈持续增加的趋势。降水量在 1976—1989 年间持续减少,2002 年以后有所上升。由于研究区生态体系的脆弱性及干旱环境对气候增温的异常敏感性,使得气候的任何小幅变化都将对该区域生态环境产生深刻的影响。1990 年前气候的暖干化趋势加剧了该地区的蒸发,导致土壤含水量减少,植被因干旱而退化,反映为林地、草地、冰川和永久性积雪、水域面积的大幅减少。

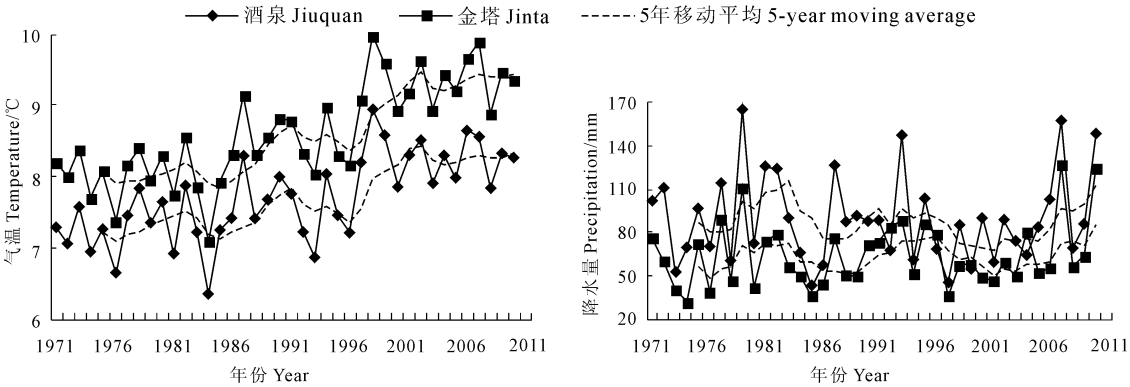


图 3 平均气温和平均降水曲线及其变化趋势

Fig.3 Changing trend of average precipitation and temperature in Taolai River Basin

2.3.2 社会经济因素 土地利用与景观格局变化是各种驱动因素的综合作用结果,在几十年甚至百年尺度上,自然驱动力相对稳定,具有累积效应,而人类活动产生的环境变化是主要因素^[17]。本文选取影响土地利用/覆盖变化的 10 个指标进行主成分分析。平均值标准化处理后,运用 SPSS 软件进行因子分析初始解,利用主成分分析法构造因子变量,得到各因子方差贡献及累计贡献率,经 Bartlett 球体检验,显著性概率为 0.000,检验样本 KMO 系数为 0.783,效果较好。按照特征值大于 1 以及累积贡献率大于 85%的原则提取主成分因子,前 2 个主成分

方差贡献率分别为 67.95%和 26.72%,累计贡献率已达 94.67%,其特征值分别为 6.8 和 2.67。方差极大化(varimax)旋转后前 2 个主成分在各变量上的载荷见表 5。

由表 5 可看出,第一主成分在粮食产量、粮食播种面积、农业机械总动力、农业人口、农业总产值、总人口等指标上载荷较大,可概括为农业生产要素和人口因子;第二主成分在生产总值和农民人均纯收入上载荷大,概括为经济社会发展因子。这表明,农业生产、人口和经济发展是研究区土地利用/覆被变化的最主要驱动力。依据流域各县区历年统计年

鉴,研究区 1989 年的总人口为 51.24×10^4 人,到 2010 年人口增加到 80.77×10^4 人,城镇化率也由 1989 年的 31% 提高到 2010 年的 63%,这直接导致了建设用地快速增长。农业经济一直是讨赖河流域重要的经济来源。80 年代中后期,在市场经济条件下,棉花、啤酒大麦价格的上涨刺激了经济作物种植,使得大量草地和戈壁被开垦为耕地,致使耕地面积显著增加。2000 年以后,粮食和棉花价格持续攀升,流域各县区充分利用当地资源禀赋,开垦荒地种植特色作物。加上国家的农业扶持政策,农村经济活跃,引致耕地再度快速增长。同时期,由于退耕还林草工程和讨赖河综合治理等工程相继实施,在一定程度上遏制了生态环境恶化,林草地面积有所增加。

表 5 旋转因子载荷矩阵
Table 5 Rotated component matrix

指标 Index	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 2
总人口 Total population	0.862	0.506
生产总值 Total output value	0.112	0.987
农业总产值 Total agricultural output value	0.941	-0.221
农业人口 Agricultural population	0.979	-0.025
农民人均纯收入 Per capita net income of rural residents	-0.281	0.912
城乡居民储蓄存款 Savings of urban and rural residents	0.690	0.687
粮食播种面积 Grain sowing acreage	0.984	-0.164
粮食产量 Grain yield	0.991	-0.132
大牲畜存栏 Large livestock amount	0.882	-0.200
农业机械总动力 Total power of agricultural machinery	0.955	-0.065

3 讨 论

干旱内陆河流域生态系统兼具脆弱性与敏感性,成为土地利用研究的热点地区,但研究对象多集中在石羊河、玛纳斯河、青海湖等流域,大都以干流的某个或几个县域作为研究区,数据源时段较短且分布不均匀,研究相对零散,基于流域尺度的、全面、综合、长时间尺度的 Lucc 研究并不多见,涉及干旱区 Lucc 与景观格局相互影响的研究相对薄弱。本文依据 4 期土地利用数据,分析研究区 Lucc 过程与景观格局动态,不仅是验证 Lucc 模型和景观格局指数的有效性,而且可以为研究区环境变化评价提供数据支持,并揭示人类活动对干旱区生态环境变化的影响机制。

人口增长和社会经济发展一直是驱动讨赖河流

域 Lucc 的根本因子,近 30 年,流域进行了大规模水土开发,尤其是地下水埋藏浅、交通便利的冲洪积平原区大量未利用地被开垦为农田,导致耕地和建设用地迅速增加,自然绿洲被大规模人工绿洲所取代,同时造成未利用地和林地大面积减少。土地利用变化深刻影响流域景观格局,而社会经济快速发展与人类对土地利用程度不断提高所导致的景观破碎度增强同样证实了人类活动对景观格局的强烈干扰。流域景观格局稳定依赖于流域土地与水资源可持续利用的协调发展以及人类活动的有序化,因此,发展大规模集约化农业,降低土地利用变化引起景观格局动态的负面影响是实现流域土地资源可持续利用的关键。

干旱区有限的水资源数量和分布状况是控制景观荒漠化和绿洲化进程的主导因子,对土地开发利用起着决定性作用^[18]。在黑河水量统一调度的背景下,研究区可利用水资源更为紧缺,为解决水资源带来的社会经济发展瓶颈制约问题,需要严格控制耕地发展规模,不再增加新的耕地面积;合理优化种植业内部的用地结构,以水定产业结构;同时限制高耗水、高污染产业的发展,大力推进节水型社会建设,合理规划流域土地利用模式和水资源配置方案,将原有单纯“以水定地”的流域管理思想转移到流域水土关系协调的优化开发模式上。

参 考 文 献:

[1] 朱利凯,蒙古军. 国际 Lucc 模型研究进展及趋势[J]. 地理科学, 2009, 28(5): 782-790.

[2] Turner II B L, Lambin E F, Reenberg A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability[J]. PNAS, 2007, 104(52): 20666-20671.

[3] Turner II B L, Robbins P. Land-change science and political ecology: similarities, differences, and implications for sustainability science [J]. Annual review of environment and resources, 2008, 33: 295-316.

[4] 邱海军, 曹明明. 黄龙县土地利用景观格局及其破碎化分析 [J]. 西北大学学报(自然科学版), 2011, 41(6): 1102-1106.

[5] 郑 晓, 王乃昂, 李卓仑, 等. 1990—2005 年疏勒河流域土地利用/覆盖变化分析[J]. 中国沙漠, 2010, 30(4): 857-861.

[6] 周德成, 罗格平, 尹昌应, 等. 近 50 a 阿克苏河流域土地利用/覆被变化过程[J]. 冰川冻土, 2010, 32(2): 275-284.

[7] 冯异星, 罗格平, 周德成, 等. 近 50a 土地利用变化对干旱区典型流域景观格局的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(16): 4295-4305.

[8] 潘竞虎, 苏有才, 黄永生, 等. 近 30 年玉门市土地利用与景观格局变化及其驱动力[J]. 地理研究, 2012, 31(9): 1631-1639.

[9] 张 飞, 塔西甫拉提·特依拜, 丁建丽, 等. 干旱区绿洲土地利用/覆被及景观格局变化特征: 以新疆精河县为例[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1251-1263.

10 000 kg·hm⁻², 土壤有机质平均含量为 7.54 g·kg⁻¹. 由此看出, 土壤有机质是果园土壤的肥力基础, 决定着果园土壤有效养分含量以及苹果产量. 因此, 果园培肥的最重要措施就是提高土壤有机质含量.

3 结 论

- 1) 研究的果园中, 各果园经过 10—15 年不同施肥, 土壤有效磷、有效铜和碱解氮的变异较大, 土壤有机质、全氮和碱解氮含量中等偏低, 有效磷和速效钾含量属于较高水平; 土壤有效铁和有效铜含量中等偏低, 有效锰和有效锌含量偏低, 应着重提高有效锰和有效锌的含量. 总体而言, 果园土壤多数处于中等偏低肥力水平。
- 2) 土壤有机质与全氮、碱解氮和有效磷呈极显著正相关, 与有效铁、有效锌呈显著正相关, 与有效铜、有效锰的相关性较低. 土壤有机质与果园产量呈正相关. 提高土壤有机质含量是全面提高果园土壤肥力的关键。
- 3) 提高洛川果园土壤肥力, 增施有机肥是最有效的途径, 通过施用有机肥使土壤有机质含量为 10~20 g·kg⁻¹ 以上, 达到中等偏高水平, 是果园持续发展的关键。

参 考 文 献:

[1] 宋爱萍, 魏海勤. 从晋中果园土壤养分调查看平衡施肥的必要性[J]. 应用研究, 2004, 6(3): 53-57.

[2] 刘成先. 果园土壤管理与施肥(二): 土壤管理[J]. 北方果树, 2005, (2): 43-47.

[3] 夏国海, 陈英照, 孙守如. 黄河故道地区果园土壤和叶片营养特点研究[J]. 果树科学, 1998, 15(3): 207-211.

[4] 刘子龙, 张广军, 赵政阳, 等. 陕西苹果主产区丰产果园土壤养分状况的调查[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(2): 50-53.

[5] 辽宁省果树科学研究所. 果园土壤管理与施肥技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1991.

[6] 全国红富士优质高产技术推广协作组. 红富士苹果优质高产栽培技术[J]. 北方果树, 1993, 1: 31-33.

[7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[8] 卢树昌, 陈 清, 张福锁, 等. 河北果园主要分布土壤磷素投入特点及磷负荷风险分析[J]. 中国农业科学, 2008, 41(10): 3149-3157.

[9] 彭 琳, 余存祖, 王继增. 黄土高原旱作土壤养分含量与供给[J]. 西北大学学报(自然科学版), 1995, 25(2): 117-122.

[10] 张 义, 谢永生, 郝明德, 等. 黄土塬面果园土壤养分特征及演变[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(5): 1170-1175.

[11] 张 进. 渭北苹果园土壤养分状况调查与评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学资源与环境学院, 2010.

[12] 王衍安, 董佃朋, 李 坤, 等. 铁锌互作对苹果锌、铁吸收分配的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(7): 1469-1478.

[13] 叶优良, 杨素勤, 黄玉芳. 苹果铁锰含量变化及其关系[J]. 中国农学通报, 2007, 23(8): 323-325.

[14] 王中英, 古润泽, 杨佩芳, 等. 不同砧木苹果树体内锌含量变化的研究[J]. 落叶果树, 1992, (3): 9-12.

[15] 许安民, 尚皓博, 翟丙年. 叶绿康球肥对防治苹果树缺铁失绿的效应[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(6): 44-48.

[16] 关军锋, 马智宏. 采后苹果果实 Ca, Mg, K 元素的再分配[J]. 华北农学报, 1999, 14(增刊): 79-82.

[17] 刘松忠, 张 强, 赵昌杰. 果园土壤有机质对土壤特性与过失品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(36): 21104-21106.

[18] 刘合满, 张兴昌, 苏少华. 黄土高原主要土壤锌有效性及其影响因素[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(3): 898-902.

[19] 彭 琳, 彭祥林, 余存祖. 黄土区土壤锰的含量及锰肥肥效[J]. 土壤通报, 1981, 6: 16-19.

(上接第 149 页)

[10] 姜朋辉, 赵锐锋, 赵海莉, 等. 1975 年以来黑河中游地区土地利用/覆被变化时空演变[J]. 生态与农村环境学报, 2012, 28(5): 473-479.

[11] 潘竟虎, 刘菊玲, 王 建. 基于遥感与 GIS 的江河源区土地利用动态变化研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(3): 419-425.

[12] 林 佳, 宋 戈, 宋思铭. 景观结构动态变化及其土地利用生态安全[J]. 生态学报, 2011, 31(20): 5918-5927.

[13] 韩武波, 贾 薇, 孙泰森. 基于 3S 的平朔矿区土地利用及景观格局演变研究[J]. 中国土地科学, 2012, 26(4): 60-65.

[14] 何 鹏, 张会儒. 常用景观指数的因子分析和筛选方法研究[J]. 林业科学研究, 2009, 22(4): 470-474.

[15] 郭建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级(第二版)[J]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 90-101.

[16] 王生霞, 丁永建, 叶柏生, 等. 基于气候变化和人类活动影响的土地利用分析[J]. 冰川冻土, 2012, 34(4): 828-834.

[17] 李传哲, 于福亮, 刘 佳, 等. 近 20 年来黑河干流中游地区土地利用/覆被变化及驱动力定量研究[J]. 自然资源学报, 2011, 26(3): 353-363.

[18] 陈忠升, 陈亚宁, 李卫红. 新疆和田河流域土地利用/覆被变化及其驱动力分析[J]. 中国沙漠, 2010, 30(2): 326-333.