

# 台兰河流域土地利用变化及其景观格局特征研究<sup>\*</sup>

彭冬梅<sup>1</sup>, 赵成义<sup>2</sup>, 孙栋元<sup>2</sup>, 闫映宇<sup>1</sup>, 李菊艳<sup>2</sup>, 魏 恒<sup>2</sup>, 李子良<sup>3</sup>

(1. 新疆农业大学 草业与环境科学学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 3. 乌鲁木齐市建委, 乌鲁木齐 830029)

**摘 要:**在遥感和 GIS 技术支持下, 获取了自 1990 年以来台兰河流域 3 期土地利用数据, 在 GIS 空间分析模块下对台兰河流域土地利用及其景观格局特征进行了研究。结果表明: 1990 - 2005 年, 土地利用变化表现出耕地和沙地明显增加, 分别增加 35 027. 11 hm<sup>2</sup> 和 10 443. 46 hm<sup>2</sup>, 而草地和天然林地面积锐减, 其中草地净减少 59 965. 95 hm<sup>2</sup>, 反映出流域有大面积拓荒的趋势。随着耕地面积的不断增大, 引发农业用水和生态用水之间的矛盾, 天然植被受到破坏, 生物多样性减少。老绿洲土壤盐渍化面积总体呈减小趋势, 新绿洲及绿洲外围局部地区土壤盐渍化呈恶化趋势。

**关键词:**土地利用变化; 景观格局; 生态效应; 台兰河流域

**中图分类号:** F301. 24

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2009)04-0275-05

## Study on the Characteristics of Land Use Changes and Landscape Pattern in Tailan River Watershed

PENG Dong-mei<sup>1</sup>, ZHAO Cheng-yi<sup>2</sup>, SUN Dong-yuan<sup>2</sup>,

YAN Ying-yu<sup>1</sup>, LI Ju-yan<sup>2</sup>, WEI Heng<sup>2</sup>, LI Zi-liang<sup>3</sup>

(1. College of Grassland and Environment, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China;

3. Committee of Urumqi Construction, Urumqi, 830029, China)

**Abstract:** The three-stage spatial data of land use change was established based on Arc GIS by using TM remote images and DEM as data sources. GIS spatial analysis tool was applied to trace the land use change and to characterize the landscape pattern in the Tailan River watershed since 1990. The results indicated that cropland and sandy land increased by 35 027. 11 hm<sup>2</sup> and 10 443. 46 hm<sup>2</sup> respectively, while grassland area decreased by 59 965. 95 hm<sup>2</sup> from 1990 to 2005. This suggests that large-scale reclamation occurred in this area. The remarkable increase of cropland resulted in the damage of natural vegetation, reduction of biodiversity and conflict between agricultural and ecological water demands. The area suffering from salinization in the old oasis trend to decrease, while the area of salinization in parts of the new oasis periphery presented an aggravating tendency.

**Key words:** land use change; landscape pattern; ecological consequence; Tailan River watershed

土地利用/覆盖变化(LUCC)及其土壤质量、生物地球化学循环、水文过程、气候过程、生物多样性等生态效应已经成为全球变化研究的热点<sup>[1-4]</sup>。干旱内陆河流域土地资源丰富,但由于自然条件限制,生态环境极其脆弱,加之人口的持续增长和社会经济的快速发展,人类利用土地资源的强度不断增大,

随之产生了水土流失扩大、生物多样性降低、灾害加剧等生态问题,成为当前内陆河流域土地资源开发中的主要障碍<sup>[5-6]</sup>。特别是近 50 a 来土地利用格局发生了巨大变化,绝大多数内陆河流域出现了下游河道径流量不断减少的趋势,并引发了一系列生态环境问题<sup>[5]</sup>。该文尝试基于景观格局定量分析法,

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2009-01-16

基金项目: 国家 973 项目(2009CB421302); 中科院知识创新项目(KZCX2-YW-127); 国家科技支撑计划(2007BAC03A0604)

作者简介: 彭冬梅(1983 - ), 女, 硕士研究生, 主要从事土地利用/土地覆被变化研究工作。E-mail: pengdongmei126@126.com

通信作者: 赵成义(1966 - ), 男, 研究员, 主要从事干旱区生态水文过程、区域土壤水盐运动及碳氮循环过程与模拟、区域生态环境质量演变与评价等方面的研究。E-mail: zcy@ms.xjb.ac.cn

研究新疆阿克苏地区台兰河流域土地利用变化,阐明区域土地利用变化规律及其生态效应,为流域尺度水土资源合理开发提供科学依据。

## 1 数据来源及研究方法

### 1.1 研究区概况

台兰河流域位于新疆温宿县境内,地理坐标为 80°21'44" - 81°10'14" E, 40°41'41" - 42°15'13" N。该区地势北高南低,流域分为山区和冲洪积平原区,总面积 3 871 km<sup>2</sup>。山区海拔在 1 200 ~ 1 400 m 之间,植被稀少,多为砾石戈壁和少量耕地。平原区海拔在 1 000 ~ 1 200 m 之间,主要为灌区和易垦荒地,适宜于粮、棉、油等种植业的发展。流域气候属于大陆性温带干旱气候,老绿洲气候干燥,日照充足,多风沙,降水稀少,蒸发较大,昼夜温差大。年降水量山区为 500 ~ 700 mm,而平原区仅为 62 mm。蒸发量丘陵区在 800 ~ 1 000 mm,平原区在 1 200 ~ 1 900 mm。年均气温 7.9℃,年均风速为 1.7 m/s。

### 1.2 数据来源及处理

以台兰河流域 1990 年、2000 年、2005 年的遥感影像解译的土地利用图为主要信息源,参考 1996 年温宿县土地利用现状图和 2005 年 DEM 高程图,并结合野外调查获取的台兰河流域土地利用状况和自然地理基础资料,进行景观类型组成和变化信息分析。在 Erdas 8.5 和 ArcGIS 9.2 软件支持下,依据全国土地分类体系,结合台兰河流域土地资源的性质和特点,将研究区域土地利用类型划分为 6 个一级景观类型(耕地、林地、草地、水域、居民用地、未利用地)和 20 个二级景观类型,建立流域 1990 年、2000 年、2005 年土地利用空间数据库。通过对 3 个时期的矢量图进行叠加分析,提取土地利用变化信息。

### 1.3 研究方法

(1) 土地利用动态度。单一类型土地利用动态度表现了某研究区在一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况<sup>[7]</sup>,可以定量描述区域土地利用变化的速度及变化中的类型差异,其表达式如式(1)。

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $K$ ——研究时段内某一类型土地利用动态度;  $U_a$ 、 $U_b$ ——研究期初和研究期末某一种土地利用类型的数量;  $T$ ——研究时段长。当  $T$  的时段设定为年时,  $K$  值就是该研究区某种土地利用类型的年变化率。

(2) 土地利用流向百分比矩阵<sup>[7]</sup>。土地利用流向百分比矩阵,不仅能够反映土地利用变化的结构特征和各类型转移变化的方向,还能对转移的幅度进行量化。其计算方法是在转移矩阵的基础上,计

算出 1990 - 2005 年各流出类型的面积占该类型面积的百分比(见表 2)。

(3) 景观空间格局指数。景观格局指数已经成为当前景观定量化研究的手段之一<sup>[8]</sup>,它可以比较不同景观之间的空间分布和组合特征等结构差异,也可以用来定量描述和监测景观空间结构随时间的变化。本文在景观水平上选择景观面积类指数总斑块数(NP)、斑块密度(PD)、景观多样性指数(SHDI)、均匀度指数(SHEI)和聚集度指数(CONTAG)<sup>[9]</sup>等景观格局指数作为台兰河流域景观格局度量指标来反映景观结构和景观格局异质性。斑块密度是表示景观破碎度的指标之一,单位面积内的斑块数越多景观的破碎度越大;景观多样性指数的大小,反映景观要素多少及景观类型的复杂程度,土地利用越丰富,破碎化程度越高,指数值也就越高;景观均匀度是描述景观中不同景观要素分布的均匀程度;聚集度指数反映景观中不同的斑块类型在景观中的聚集或聚合程度。

## 2 结果与分析

### 2.1 台兰河流域流域土地利用变化特征

土地利用类型的数量变化反映在不同类型面积的变化上,通过分析土地利用类型的总量变化,可以掌握土地利用变化总趋势及其结构变化,近 15 a 来台兰河流域土地利用表现了明显的变化,结果如图 1 所示。

1990 - 2005 年,台兰河流域土地利用变化显著,耕地和林地增加幅度较大(图 2)。耕地面积由 51 237.56 hm<sup>2</sup> 增加到 86 264.67 hm<sup>2</sup>,年均增加 2 189.19 hm<sup>2</sup>,动态度为 0.68%,值得注意的是虽然耕地面积迅速扩大,但该区 2003 年中低产田占耕地面积的 65%,作物产量平均为 1 223.35 kg/hm<sup>2</sup>,是高产田的 76.29%<sup>[10]</sup>。林地由 2 133.44 hm<sup>2</sup> 增加到 35 681.30 hm<sup>2</sup>,年均增加 2 096.74 hm<sup>2</sup>,动态度为 15.72%。草地面积由 151 208.64 hm<sup>2</sup> 缩减为 91 242.69 hm<sup>2</sup>,共减少 59 965.95 hm<sup>2</sup>,年均减少 3 747.87 hm<sup>2</sup>,动态度为 -0.40%。未利用地由 178 899.60 hm<sup>2</sup> 减少到 168 183.71 hm<sup>2</sup>,年均减少 669.74 hm<sup>2</sup>,其动态度为 -0.37%,其中沙地和裸地分别增加 10 443.36 hm<sup>2</sup> 和 523.36 hm<sup>2</sup>,盐碱地减少了 49 272.43 hm<sup>2</sup>。建设用地减少 624.76 hm<sup>2</sup>,动态度为 -0.21%。水域变化显著,由 659.55 hm<sup>2</sup> 扩展到 3 391.17 hm<sup>2</sup>,年均增加 170.73 hm<sup>2</sup>,动态度达 4.14%。

土地利用类型面积的增减并不能详细反映类型之间具体的转换情况。通过对土地利用变化面积数据再进行叠加运算和统计分析形成土地利用转移矩

阵,可以发现不同土地利用类型之间的具体转换情况。由台兰河流域 2 个时段的土地利用流向百分比矩阵(表 1)可以发现:(1)耕地是变化较大的土地利用类型,与草地、林地和未利用地之间的转化占了相当比例。1990 - 2000 年 7.98 %和 3.58 %的耕地转为草地和林地,并有 1.44 %的耕地转为未利用地(其中 0.55 %转化为沙地,0.46 %转化为戈壁,0.43 %转化为盐碱地)。同期 13.50 %的草地和 3.26 %的林地开垦为耕地。2000 - 2005 年间 13.70 %的草地和 4.55 %的林地以及 1.05 %的未利用地转为耕地。这表明:流域耕地面积不稳定,存在弃耕和新垦耕地共存的局面。(2)林地主要向草地、未利用地和耕地转化。部分林地开垦为耕地,中游耕地面积大量增加导致下游生态用水减少,流域天然胡杨林面积剧减,面积减少约 30 000 hm<sup>2</sup><sup>[10]</sup>。但由图 2 可以看出林地面积明显呈增加趋势,主要来

自于草地、未利用地和耕地被改造为经济林。(3)草地净减少 59 965.95 hm<sup>2</sup>,1990 - 2000 年草地大部分转为耕地、林地和未利用地,分别占草地面积的 13.50 %、13.54 %和 19.49 %,共计 70 364.33 hm<sup>2</sup>,同时部分林地、未利用地和耕地转为草地,分别为 206.15 hm<sup>2</sup>、21 441.87 hm<sup>2</sup> 和 4 087.59 hm<sup>2</sup>。2000 - 2005 年 14 460.00 hm<sup>2</sup> 草地开垦为耕地。可见增加的草地面积远远小于草地开垦为耕地和经济林的面积,导致草地面积迅速减小。(4)未利用地的变化也比较活跃,1990 - 2000 年 7.72 %和 11.99 %的未利用地改造为林地和草地,而同期又有大量林地和草地(29 604.44 hm<sup>2</sup>)退化未为未利用地,因草地和林地退化而增加的沙地和盐碱地的面积分别为 2 647.24 hm<sup>2</sup> 和 26 981.86 hm<sup>2</sup>。(5)水域和居民用地的增加主要占用耕地、林地和草地,也有部分水域转变为未利用地和耕地。

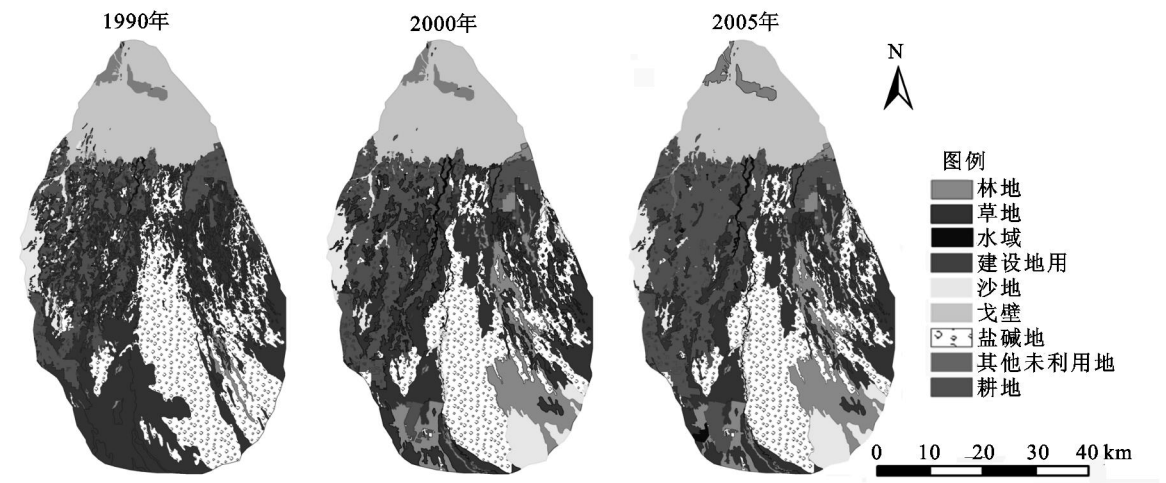


图 1 台兰河流域 1990 年、2000 年和 2005 年土地利用类型变化

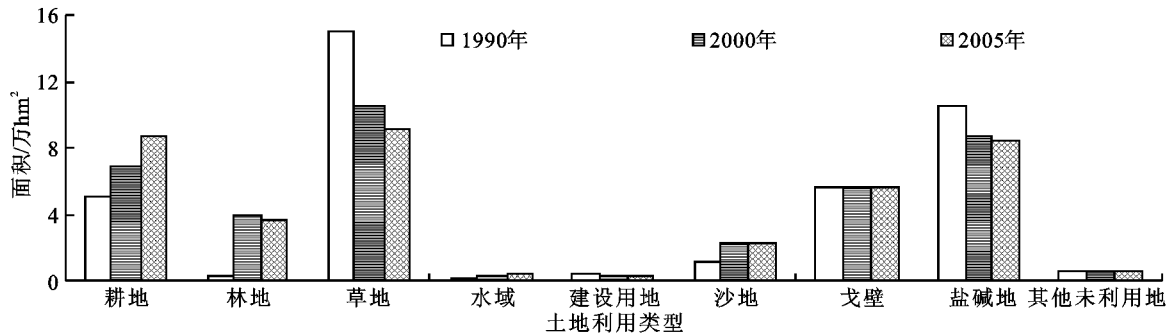


图 2 1990 - 2005 年台兰河流域各土地利用变化

由于人口增长和经济利益的驱使,大量草地和未利用地在此期间开垦为耕地和人工经济林,使耕地面积迅速增加,同时为满足耕地灌溉用水,该区大力改、扩建引水工程,促使水域面积迅速扩大。大水漫灌,洪水期大量引洪灌溉,导致部分耕地弃耕。流域中游耕地面积大量增加导致下游生态用水减少,天然胡杨林面积剧减,部分地区沙化。区域土地利用变化总体结果显示:流域生态用地数量逐渐减少,

生产用地、退化土地面积不断增加。

2.2 土地利用景观格局变化

1990 年、2000 年、2005 年台兰河流域在景观水平上的格局指数见表 2。15 a 来研究区景观的总斑块数和斑块密度减少,说明景观斑块的形状复杂性在降低,景观的稳定性在削弱,聚集度指数由 55.822 6 提高到 64.300 3,这主要是由于开荒导致草地、天然林地等一些生态斑块丧失,使整个研究区

景观破碎度降低而连通性增加。耕地面积持续增加,且从整体上呈现集中化,自然覆被类型斑块不断萎缩,天然林地破碎化,分散小块分布发展趋势尤为突出。草地与耕地空间相邻关系趋于密切,表明人为开垦草地的活动一直在持续。1990 - 2005 年多

样性指数和均匀度指数明显增大后无明显变化,多样性指数和均匀度指数的增加,说明该区的景观异质性在增强,同时耕地和水域(水库)面积增大而草地和天然林地面积的减少等现象,反映了人类对该地区景观空间格局的影响程度加大。

表 1 1990 - 2005 年土地利用类型流向百分比矩阵 %

时间段	类型(i/j)	林地	草地	水域	居民用地	未利用地	耕地
1990 - 2000 年	林地	80.60	9.66	0.00	0.35	6.13	3.26
	草地	13.54	52.65	0.73	0.09	19.49	13.50
	水域	0.00	2.63	77.51	0.00	6.18	13.67
	居民用地	2.76	6.61	0.67	38.89	0.12	50.96
	未利用地	7.72	11.99	0.36	0.00	78.25	1.68
	耕地	3.58	7.98	0.70	2.09	1.44	84.21
2000 - 2005 年	林地	94.07	0.00	1.21	0.07	0.09	4.55
	草地	0.00	86.01	0.27	0.00	0.02	13.70
	水域	0.00	0.00	99.68	0.00	0.00	0.32
	居民用地	0.00	0.00	0.00	98.28	0.00	1.72
	未利用地	0.00	0.26	0.01	0.00	98.68	1.05
	耕地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

注:行表示研究时段内土地利用类型*i*转变为土地利用类型*j*的面积百分比;列表示研究时段内土地利用类型*j*转变为土地利用类型*i*的面积百分比。

表 2 1990 年、2000 年、2005 年的景观指数

年份	NP	PD	CONTAG	SHDI	SIEI
1990 年	1171	0.3028	58.6678	1.8722	0.6358
2000 年	687	0.1793	64.0538	2.0785	0.6938
2005 年	657	0.1723	64.3003	2.0690	0.6906

NP:总斑块数,PD:斑块密度,CONTAG:聚集度指数 SHDI: Shannon 多样性指数,SIEI:均匀度指数。

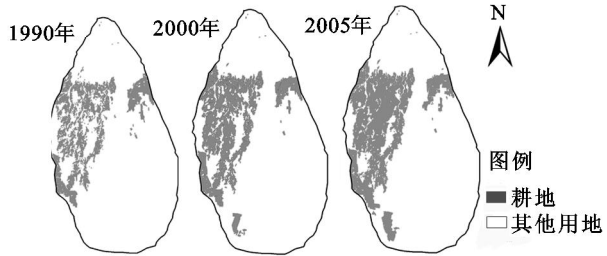


图 3 1990 年、2000 年和 2005 年台兰河流域耕地分布图

2.3 土地利用变化对水资源利用分配的影响

台兰河灌区地表水资源量为  $7.42 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平原区地下水天然补给量  $0.10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,转化补给量  $5.11 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,地下可开采利用量为  $50 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,台兰河灌区水资源总量为  $7.52 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。此外,从昆马力克河通过革命大渠调入水量  $0.6 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。图 3 为 1990 年、2000 年和 2005 年台兰河流域耕地面积变化情况,从图上可以看出,从 1990 - 2005 年耕地面积持续增加。1998 年、2000 年和 2005 年台兰河流域农业用水量为  $5.01 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $5.59 \times 10^8 \text{ m}^3$  和  $6.26 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。2000 年台兰河平原区维护植被生态环境需水量为  $0.93 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2005 年为  $0.83 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。农业用水的比例不断增

大,导致生态用水的比例不断缩小。

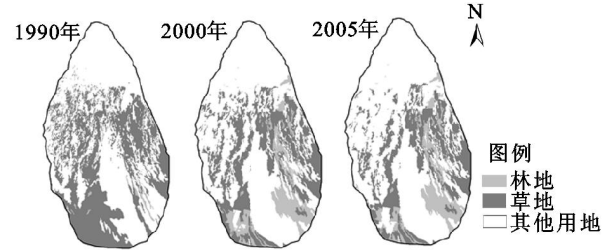


图 4 1990 年、2000 年、2005 年台兰河流域林草地分布图

2.4 土地利用变化对林草地的影响

从图 4 可以看出,研究区草地面积显著减少,而林地面积明显增加。经济利益驱使及人口增长的压力,大量草地及部分林地被开垦为耕地,使耕地连接度升高,耕地斑块同化使得生境斑块之间的隔离程度减小,有利于物种的扩散,加大了农作物遭受病虫害的风险;因此,该景观破碎化程度变化降低了绿洲维护生态平衡及抵抗风险的能力。

农业结构调整,林地面积迅速增加,导致下游生态用水减少,引起流域土地沙化,沙地面积增加  $10\,443.36 \text{ hm}^2$ 。同时天然植被受到破坏,生物多样性减少。绿洲面积的不断扩大,盲目毁林毁草进行垦荒,自然植被被农作物取代,使区域内水分、土壤条件都发生了较大变化,未被开垦的自然植被演替规律受到干扰,导致区域内生物种类减少、生物多样性降低。台兰河流域分布着大面积的天然植被,主要以胡杨、红柳和旱生荒漠草本植物为主。而目前流域内天然胡杨林北部边缘已向后退约  $20 \text{ km}$ ,面积减少约  $30\,000 \text{ hm}^2$  [10]。

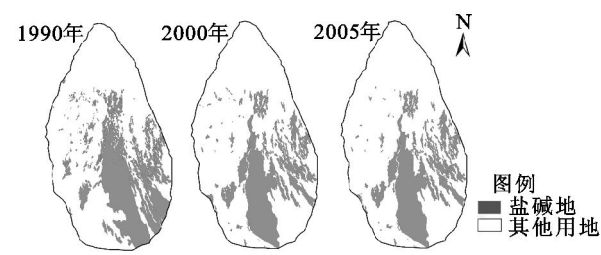


图 5 1990 年、2000 年、2005 台兰河流域盐碱地分布图

2.5 土地利用变化对土壤盐渍化的影响

由图 5 可知,1990 - 2005 年研究区盐碱地面积显著减少。1990 年、2000 年和 2005 年台兰河流域盐碱地面积分别为 105 599.70 hm<sup>2</sup>、86 239.89 hm<sup>2</sup>和 85 054.80 hm<sup>2</sup>,老绿洲土壤盐渍化面积总体呈减小趋势,由转移矩阵可知,大量盐碱地开垦为耕地。台兰河流域灌区规划报告统计数据 displays,该流域共有弃耕地 13 660.00 hm<sup>2</sup>,其中因缺水和工程不配套而形成的弃耕地面积约有 5 453.33 hm<sup>2</sup>,因盐碱化程度严重而形成的弃耕地面积约有 8 206.66 hm<sup>2</sup><sup>[10]</sup>。新绿洲及绿洲外围局部地区土壤盐渍化呈恶化趋势。人类活动对植被的破坏、农林业生产上整地方式的粗放、种植品种的单一化都是盐碱地形成的原因。不合理的灌溉是流域灌区内土壤盐碱化形成的主要因素。采用大水漫灌,洪水期大量引洪灌溉,加之排水系统不完善,各乡场干、支、斗排渠存在着严重淤积,大量的渠系输水损失掉,补给地下水,导致地下水位升高,在强烈的蒸发作用下盐分聚积于地表,造成耕地次生盐碱化程度加重,导致农业减产,甚至弃耕。

3 结论与讨论

根据以上分析初步得到如下结论:研究区土地利用类型以耕地和草地为主,未利用地面积较大。1990 - 2005 年台兰河流域草地、天然林地面积锐减,耕地、经济林地和沙地面积不断增加,表明生态用地数量逐渐减少,生产用地、退化土地面积不断增加,反映出流域有大面积拓荒的趋势。研究区土地利用类型变化的主要方向是草地、林地和未利用地转化为耕地,部分林地、未利用地和耕地转为草地,以及林地和草地退化为未利用地。各种景观指数的分析验证了土地利用变化与近几年生态环境恶化的趋势,研究区景观的破碎化程度降低而连通性增加,景观斑块的形状复杂性降低,景观的稳定性削弱,景观异质性增强,表明人类对该地区景观空间格局的影响程度加大。随着耕地面积的不断增大,农业需水在不断增加,相应的生态用水在不断减少,引发农业用水和生态用水之间的矛盾,天然植被受到破坏,

生物多样性减少。土壤盐渍化面积总体呈减小趋势,但局部地区土壤盐渍化则持续恶化。

区域生态环境的演化是一个受到自然社会经济多因子综合作用的复杂过程,环境的退化是在自然和人为因素共同作用、互相激发、相互促进下陷入恶性循环的结果。台兰河流域生态环境问题的实质是如何解决人与自然的关係,使有限的水资源最大限度地满足流域经济、社会和生态环境协调发展的需要。

土地利用和景观生态学的结合是研究区域生态环境的有效方法与手段,研究结果可为台兰河流域土地管理,生态环境整治与恢复,土地可持续利用提供依据。今后研究区应因地制宜、统筹兼顾,灌排并重,防止土壤次生盐碱化,保护生态用地。调整大农业结构,改造中低产田、发展节水灌溉。防止自然环境的进一步恶化,实现土地资源的可持续利用。

致谢:本文数据获取与处理得到新疆生态与地理研究所吴世新研究员和岳健博士的大力支持与指导,表示感谢!

参考文献:

[1] 于兴修,杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题[J]. 地理科学进展,2002,21(1):51-57.

[2] 陈佑启, Peter H. 中国土地利用/土地覆盖的多尺度空间分布特征分析[J]. 地理科学,2000,20(3):197-202.

[3] 李晓兵. 国际土地利用 - 土地覆盖变化的环境影响研究[J]. 地理科学进展,1999,14(4):395.

[4] Farina A. Principles and Methods in Landscape Ecology[M]. London:Chapman & Hall,1998:99-130.

[5] 王根绪,程国栋,徐中民,等. 中国西北干旱区水资源利用及其生态环境问题[J]. 自然资源学报,1999,14(2):109-116.

[6] 贾保全,张志强,张红旗,等. 生态环境用水研究现状、问题分析与基本框架探索[J]. 生态学报,2002,22(10):1734-1740.

[7] 朱会义,李秀彬. 关于土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报,2003,58(5):643-650.

[8] 布仁仓,李秀珍,胡远满,等. 尺度分析对景观格局指标的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(12):2181-2186.

[9] He H S, Dezonio B, Mladenoff D J. An aggregation index (AI) to quantify spatial patterns of landscapes[J]. Landscape Ecology, 2000,15:591-601.

[10] 新疆水利水电勘测设计研究院. 新疆阿克苏地区台兰河灌区规划报告[R]. 乌鲁木齐:2003:68-232.

[11] McGarigal K, Marks B J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure[R]. Gen. Tech. Report PNW - GTR - 351, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR. 1995.