

近 15 年台兰河流域土地利用变化及其生态效应研究^①

彭冬梅^{1,2}, 赵成义^{1*}, 孙栋元¹, 闫映宇², 李菊艳¹, 魏恒¹, 李子良³

(1 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2 新疆农业大学草业与环境科学学院, 乌鲁木齐 830052;

3 乌鲁木齐市建委, 乌鲁木齐 830029)

摘要: 利用 1990、2000 和 2005 年的 TM 影像数据, 在 GIS 技术支持下, 定量研究了近 15 年来台兰河流域的土地利用变化特征。结果表明: 1990—2005 年, 台兰河流域耕地和沙地面积均明显增加, 分别增加 3.50 万 hm^2 和 2.05 万 hm^2 , 而草地和天然林地面积锐减, 其中草地净减少 6.00 万 hm^2 , 反映出流域有大面积拓荒的趋势。选择研究区 5 组自然条件相同而土地利用方式不同的代表性样区进行对比研究, 结果发现不同土地利用方式对土壤有机质含量及总盐的影响主要发生在 0~25 cm 土层中, 剖面中土壤有机质含量及总盐自上而下明显降低。人工甘草地和盐碱地的土壤总盐远高于其他土地利用类型, 土壤表层 (0~20 cm) 有机质含量在几种土地利用类型之间的比较是: 经济林>耕地>人工甘草地>改良沙地>盐碱地。随耕种年限的增加耕地总盐含量降低, 有机质含量增加。

关键词: 土地利用变化; 生态效应; 土壤质量; 台兰河流域

中图分类号: S159

土地利用变化是全球变化的主题, 又是环境变化的驱动因子或结果表现之一^[1]。近年来, 利用遥感 (RS) 与地理信息系统 (GIS) 对土地利用变化进行了大量实例研究^[2-4], 但能准确地反映土地利用方式变化的生态效应的研究较少^[5]。目前的研究主要集中在土壤侵蚀、土壤生物、土壤质量、土壤碳循环与污染物迁移等的研究^[6-10], 而对不同土地利用方式土壤盐渍化特征的研究较少。本文借助遥感、地理信息系统技术定量分析新疆阿克苏地区台兰河流域土地利用变化, 尝试阐明区域土地利用变化规律及其产生的生态效应, 为实现区域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 $80^{\circ}21'44'' \sim 81^{\circ}10'14'' \text{E}$, $40^{\circ}41'41'' \sim 42^{\circ}15'13'' \text{N}$ 。该区域地势北高南低, 流域分为丘陵区 and 冲-洪积平原区, 总面积 3 871 km^2 。丘陵地带海拔高程在 1 200~1 400 m, 植被稀少, 多为砾石戈壁和少量耕地。平原区海拔在 1 000~1 600 m 之间, 主要为绿洲灌区和易垦荒地, 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, 气候干燥、日照充足、多风沙、降水稀少、蒸发较大、昼夜温差大。年降水量丘陵区为 177.6 mm, 而平原区仅为 62 mm。水面蒸发量丘陵区在 800~1 000 mm 左右, 平原区在 1 200~1 900 mm 左右。年均气温 7.9°C , 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、2000 和 2005 年的 TM 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数据, 进行土地利用变化信息分析。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、居民地、未利用地) 和 20 个二级景观类型, 建立了流域 1990、2000 和 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

1.3.1 土地利用动态度 单一类型土地利用动态度

①基金项目: 国家 973 项目 (2009CB421302)、中国科学院知识创新项目 (KZCX2-YW-127) 和国家科技支撑计划项目 (2007BAC03A0604) 资助。

* 通讯作者 (zcy@ms.xjb.ac.cn)

作者简介: 彭冬梅 (1983—), 新疆博乐人, 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

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^[11], 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, 其表达式为:

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

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

1.3.2 土地利用流向百分比矩阵^[11] 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。

2 结果与分析

2.1 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, 结果如图 1 所示。

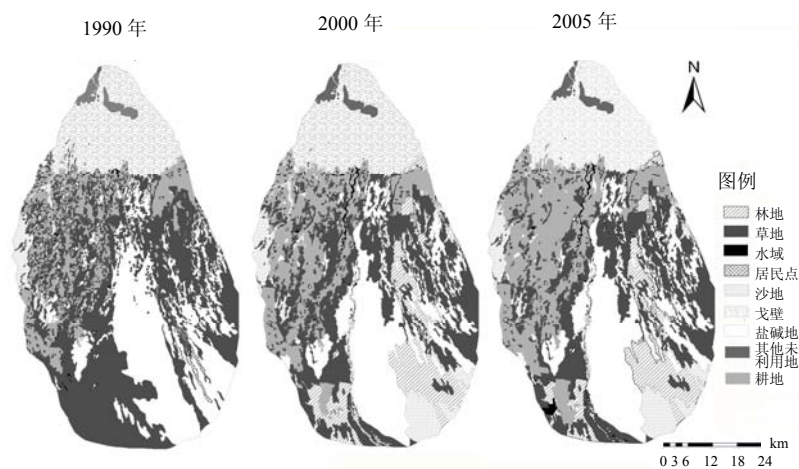


图 1 台兰河流域 1990—2005 年土地利用的类型变化

Fig.1 Land use type change in Tailan River watershed from 1990 to 2005

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。耕地面积由 5.12 万 hm^2 增加到 8.63 万 hm^2 , 年均增加 0.219 万 hm^2 , 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 1 223.25 kg/hm^2 , 是高产田的 76.29%^①。林地由 0.213 万 hm^2 增加到 3.57 万 hm^2 , 年均增加 0.210 万 hm^2 , 动态度为 15.72%。草地面积由 15.1 万 hm^2 缩减为 9.12 万 hm^2 , 共减少 6.00 万 hm^2 , 年均减少 0.375 万 hm^2 , 动态度为 -0.40%。未利用地由 17.9 万 hm^2 减少到 16.8 万 hm^2 , 年均减少 670 hm^2 , 其动态度为 -0.37%, 其中沙地和裸地分别增加 2.05 万 hm^2 和 523 hm^2 , 盐碱地减少了 4.93 万 hm^2 。建设用地减少 625 hm^2 , 动态度为 -0.21%。水域变化显著, 由 660 hm^2 扩展到 3 400 hm^2 , 年均增加 171 hm^2 , 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。通过对面积数据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。

①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. 乌鲁木齐, 2003: 68-232, 后面脚注引自同一篇资料

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 3 万 hm^2 ^①。但由图 1 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 6.00 万 hm^2 , 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 7.04 万 hm^2 。同时部分林地、未利用地和耕地转为草地,分别为 206 hm^2 、2.14 万 hm^2 和 0.409 万 hm^2 。2000

—2005 年 1.45 万 hm^2 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(2.96 万 hm^2)退化为未利用地,因草地和林地退化而增加的沙地和盐碱地的面积分别为 0.265 万 hm^2 和 2.70 万 hm^2 。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。

表 1 1990—2005 年土地利用类型流向百分比矩阵

Table 1 Transition probability matrix of land use types from 1990 to 2005

年份	类型 (<i>ij</i>)	林地	草地	水域	居民点	未利用地	耕地
1990—2000	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
	居民点	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	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
	居民点	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:数据单位为%,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。

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 土地利用变化对土壤盐分的影响

为了解该区不同土地利用方式下土壤质量的改变,在对研究区域采样分析的基础上,选择台兰河 5 组自然条件相同而土地利用方式不同的代表性样区进行对比研究,采样时间在 2007 年 9 月下旬农作物收

获前期,采样深度为 0~100 cm,每个样地 3 个重复(耕地为 10 个重复)。5 组样地分别是:耕地(F,盐碱地开垦为耕地)、人工经济林(EF)、改良沙地(D)、人工甘草地(L)和盐碱地(S)。由于耕地是该区主要的土地利用方式,所以本文还对种植不同年限的耕地进行了对比研究。

通过不同土地利用方式的土壤总盐数据分析(ANOVA, LSD),总盐含量在不同土地利用之间表现出显著性差异($p < 0.05$)。这种差异重点体现在人工甘草地和盐碱地与其他利用类型之间(图 2)。草地和盐碱地的总盐含量远远高于其他土地利用类型。土壤表层(0~20 cm)总盐含量耕地(0.56%) < 盐碱地(13.95%),可以看出盐碱地开垦为耕地后其总盐明显降低。但由盐碱地开垦的耕地总盐明显高于经济林及

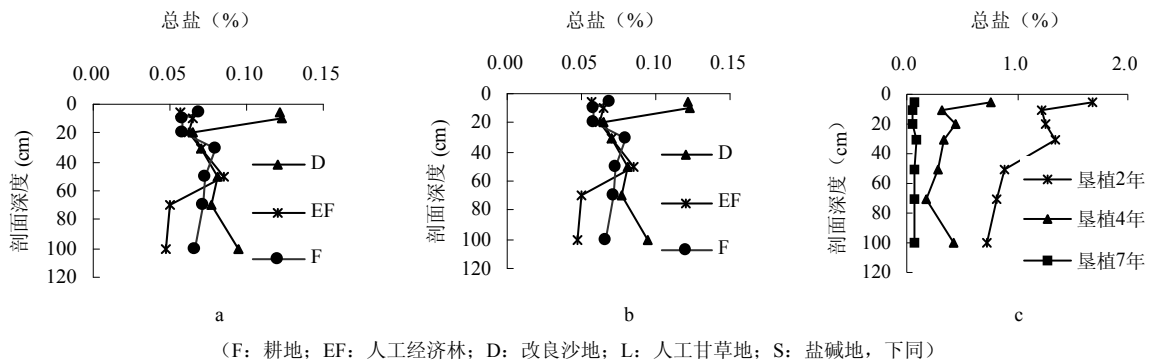


图 2 不同土地利用方式土壤总盐变化

Fig. 2 Distributions of total salt at 0 ~ 100 cm depths in different land use types

改良沙地。从整个剖面上看，随着种植年限的增加土壤盐分含量逐渐减少（图 2c）。

1990、2000 和 2005 年台兰河流域盐碱地面积分别为 10.6 万、8.62 万和 8.51 万 hm^2 ，面积显著减少（图 3），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示，该流域共有弃耕地 1.37 万 hm^2 ，其中因缺水和工程不配套而形成的弃耕地面积约有 0.545 万 hm^2 ，因盐碱化程度严重而形成的弃耕地面积约有 0.821 万 hm^2 。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。

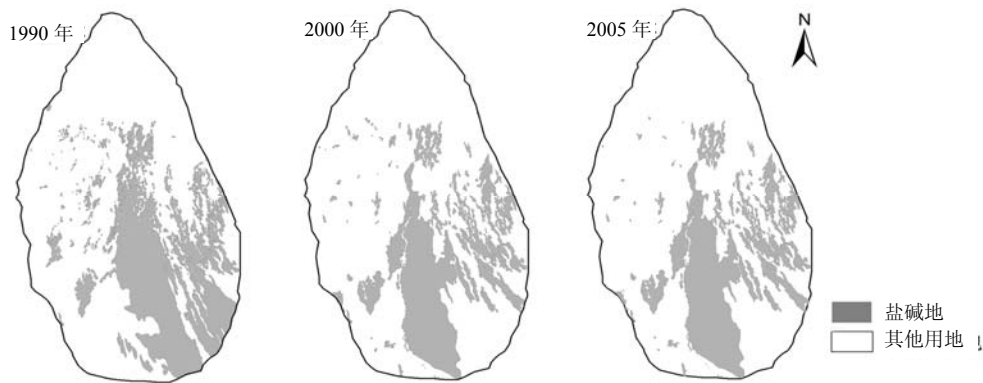


图 3 1990、2000 和 2005 年台兰河流域盐碱地分布图

Fig. 3 Distribution map of saline land in Tailan River watershed in 1990, 2000 and 2005

2.3 土地利用变化对土壤有机质含量的影响

在 5 种土地利用方式下，土壤有机质含量均随剖面深度的增加而降低，充分体现了土壤有机质分布的表聚性（图 4a）。样地土壤有机质（图 4）指标上，人工经济林处于最高水平但与耕地无明显差异，土壤表层（0 ~ 20 cm）有机质含量在几种土地利用类型之间的比较是：经济林 > 耕地 > 人工甘草地 > 改良沙地 > 盐碱地。最高的经济林地土壤有机质为 8.9 g/kg，最

低的盐碱地土壤有机质为 3.1 g/kg。土壤有机质在经济林、耕地和人工甘草地之间无显著的变化。但可以看出盐碱地开垦为耕地后土壤有机质含量增加。随着耕种年限的增加，土壤表层有机质含量增加（图 4b），0 ~ 20 cm 土壤有机质含量垦植 2 年耕地 < 垦植 4 年耕地 < 垦植 7 年耕地。随着开垦年限的增加，杂草残体的分解促进了土壤有机质的肥效发挥^[12]，加上有机肥的施用，土壤有机质含量不断提高。

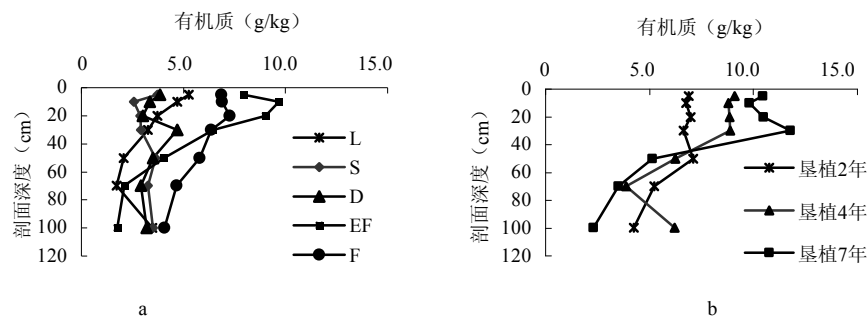


图 4 不同土地利用方式下土壤有机质的变化

Fig. 4 Distribution of soil organic matter at 0~100 cm depths in different land use types

2.4 土地利用变化对生物多样性的影响

人类活动深刻地影响着地理环境，在改造和利用景观的同时，也可能引发了一系列不良的生态效应。人为活动对土壤质量的影响具有双面性，如盐碱地开垦为耕地有机质含量提高，总盐含量降低。但大水漫灌，洪水期大量引洪灌溉，又导致部分耕地次生盐渍化程度加重，甚至弃耕。

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，原来复杂多样的自然植被大部分被农作物取代，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南后退约 20 km，面积减少约 3 万 hm^2 。

3 结论

(1) 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 年台兰河流域天然林地、草地面积锐减，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，反映出流域大面积有拓荒的趋势。

(2) 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。盐碱地开垦为耕地有机质含量提高，盐分含量降低，耕地随种植年限增加，盐分含量降低，有机质含量提高，但流域大量耕地因盐碱化程度严重而弃耕。

(3) 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，从而防止自然环境的进一步恶化，实现土地资源的可持续利用。

参考文献:

- [1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域—土地利用/土地覆被变化的国际研究动向. 地理学报, 1996, 51(6): 553-558
- [2] 周月敏, 王建华, 马安青, 祁元, 巴雅尔. 基于遥感和地理信息系统的临泽县土地利用动态变化分析. 中国沙漠, 2003, 23(2): 142-146
- [3] 闫正龙, 黄强, 畅建霞, 王义民. 基于 3S 技术的塔里木河干流土地利用动态监测. 水土保持学报, 2008, 22(1): 142-146
- [4] 彭文甫, 周介铭, 杨存建, 何政伟, 陈国阶. 基于 RS 与 GIS 的县级土地利用变化分析—以四川省成都市双流县为例. 遥感技术与应用, 2008, 23(1): 24-30
- [5] 张世文, 唐南奇. 土地利用/覆被变化(LUCC)研究现状与展望. 亚热带农业研究, 2006, 2(3): 221-225
- [6] Turner II BL. The sustainability principal in global agendas implication for understanding land use/cover change. The Geographical Journal, 1997, 163(2): 133-140
- [7] 于兴修, 杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题. 地理科学进展, 2002, 21(1): 51-57
- [8] 尹刚强, 田大伦, 方晰, 洪瑜. 不同土地利用方式对湘中丘陵区土壤质量的影响. 林业科学, 2008, 44(8): 44-51
- [9] 王清奎, 汪思龙, 高洪, 刘艳, 于小军. 土地利用方式对土壤有机质的影响. 生态学杂志, 2005, 24(4): 360-363
- [10] 刘梦云, 安韶山, 常庆瑞. 宁南山区不同土地利用方式土壤有机碳特征研究. 水土保持研究, 2005, 12(3): 84-86
- [11] 朱会义, 李秀彬. 关于土地利用变化指数模型方法的讨论. 地理学报, 2003, 58(5): 643-650
- [12] 张风华, 潘旭东, 李玉义. 新疆玛河流域绿洲农田开垦后土壤环境演变分析. 中国农业科学, 2006, 39(2): 331-336

Study on Land Use Change and Ecological Effect in Tailan River Watershed in Recent 15 years

PENG Dong-mei^{1,2}, ZHAO Cheng-yi¹, SUN Dong-yuan¹, YAN Ying-yu², LI Ju-yan¹, WEI Heng¹, LI Zi-liang³

(1 *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China*; 2 *College of Grassland and Environment, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China*; 3 *Committee of Urumqi Construction, Urumqi 830029, China*)

Abstract: TM remote data in 1990, 2000 and 2005 were used to explore land use type changes from 1990 to 2005 in Tailan River watershed using GIS. The results indicated that the areas of cropland and sandy land increased by $3.50 \times 10^4 \text{ hm}^2$ and $2.05 \times 10^4 \text{ hm}^2$ respectively while grassland area decreased by $1.43 \times 10^4 \text{ hm}^2$, suggesting the great reclamation over the past years. Five sites with similar natural conditions but different land uses were selected for comparing soil properties, soil organic matter (SOM) and total salt decreased sharply with soil depth, and the effects of land use type on SOM and total salt occurred mainly within 0 - 25 cm depth. The total salt of cropped glycyrrhiza land and saline-alkali land were greatly higher than those of the other land use types. SOM contents in topsoils of land use types followed an order of economic forest > farmland > cropped glycyrrhiza land > ameliorated sandy land > saline-alkali land. In addition, total salt decreased while SOM increased with the years of farming.

Key words: Land use change, Ecological effect, Soil quality, Tailan River watershed