

土地利用变化对塔里木河中游荒漠林地动态的影响

蒲智, 孙伟, 蔡朝朝, 李全胜

(新疆农业大学 计算机与信息工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: [目的] 探究塔里木河中游荒漠绿洲过渡带——肖塘地区的土地利用动态变化特征及其对荒漠林地动态格局的影响, 为该区域土地资源合理利用以及荒漠林资源保护提供理论依据。[方法] 根据肖塘地区 1973—2010 年 4 期遥感影像解译数据进行荒漠林地动态变化分析。[结果] 荒漠林地从 1973 年占整个研究区面积的 21.9% 到 2010 年的 16.9%, 成为研究区变幅最大的土地利用类型。1973—2010 年荒漠林地面积减少了 13.19%, 主要转变为农田, 而且其年变化速率不断增大。[结论] 近 40 a 来, 随着人类对肖塘地区持续的水土开发, 研究区内荒漠林地处于持续退化的状态。天然植被的退化会进一步对该区域的生态安全构成威胁。

关键词: 土地利用; 动态变化; 荒漠林地; 遥感

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)02-0314-06

中图分类号: S76, F301

文献参数: 蒲智, 孙伟, 蔡朝朝, 等. 土地利用变化对塔里木河中游荒漠林地动态的影响[J]. 水土保持通报, 2016, 36(2): 314-319. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.02.058

Influences of Land Use Change on Dynamics of Desert Woodland in Middle Reaches of Tarim River

PU Zhi, SUN Wei, CAI Zhaozhao, LI Quansheng

(College of Computer and Information Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: [Objective] The characteristics of land use change and its influence on desert woodland dynamic pattern of desert oasis ecotone in the middle reaches of the Tarim River Xiaotang area were analyzed in order to provide theoretical foundation for rational utilization of land resources and protection of desert woodland resources. [Methods] Based on the data interpreted from 4 remote sensing images in different periods from 1973 to 2010, the dynamics of desert woodland was analyzed. [Results] The coverage of desert woodland decreased from 21.9% in 1973 to 16.9% in year 2010, and was the most varied land use pattern. From 1973 to 2010, desert woodland decreased by 13.19%, mainly transformed into farmland, and the annual change rate had increasing trend. [Conclusion] In recent 40 years, resulted from the continuous soil development by human, the desert woodland in the research area was in a constant state of degradation, and it might further pose some threats to the region's ecological security.

Keywords: land use; dynamic change; desert woodland; remote sensing

土地利用反映了人类与自然界相互影响、相互作用最直接、最密切的关系^[1], 是目前造成全球变化的重要原因之一。土地利用变化受到了自然因素、社会因素以及经济因素等多方面的影响, 已成为国际上全球变化研究的热点之一^[2-4]。目前国内外已经开展了众多的土地利用变化等方面的研究^[5-10]。塔里木河流域位于新疆南部的塔里木盆地, 是我国第一大内陆河, 其流域的环境变化对新疆南部的生态环境以及人民的生产生活有着重大的影响。塔里木河流域以胡

杨(*Populus euphratica*)为主要建群树种的荒漠林是维护该区域生态环境的关键, 在抵御风沙、抑制荒漠化过程、稳定荒漠生态平衡、保护生物多样性和保障绿洲农牧业生产等方面有着重要的意义, 可以说荒漠林是荒漠生境稳定的重要屏障。自 20 世纪 60 年代以来, 随着塔里木河上游和中游的大规模水土开发, 上中游的荒漠林地发生了严重退化, 在绿洲外围形成了林退沙进的局面, 对当地的生态安全构成了较大的威胁。新疆塔里木河干流肖塘地区位于塔里木

收稿日期: 2015-01-17

修回日期: 2015-04-19

资助项目: 新疆农业大学前期项目“面向对象的遥感分类方法在中高分辨率遥感影像中的应用研究”(XJAU201114); 国家自然科学基金项目“塔里木河中游输水堤防工程对两岸天然植被的生态影响遥感评估”(41361082)

第一作者: 蒲智(1975—), 男(汉族), 甘肃省天水市人, 讲师, 博士, 主要从事环境生态遥感方面的研究。E-mail: puzhi2015_tg@sina.com.

流域的中游,是一个环境脆弱的荒漠绿洲过渡带。这里油气资源丰富,分布着多个大油田,是塔里木石油开发的重要区域,也是连通塔里木盆地南北交通的沙漠石油公路的必经之地。该区的发展在整个塔里木生态环境建设、油气资源开发及区域经济发展中,具有十分重要的意义,也在西部大开发中具有重要地位。而大规模的油气开发必然会对该地区的荒漠林地的空间分布格局产生较大的影响。荒漠林的空间格局分布是自然因素和社会经济因素长期作用的结果。以往对塔里木河中游荒漠林地的研究^[11-16]主要集中于胡杨林的种群结构,对中游荒漠林地空间格局变化的研究虽有涉及^[17-18],但利用遥感技术,分析长时间系列荒漠林地变化的文献还不多见。因此,本研究以4期遥感影像为基础数据,分析塔里木河中游肖塘荒漠绿洲过渡带近40a来荒漠林地的动态变化,进而揭示近40a来肖塘地区荒漠林地的空间格局变化规律和趋势,为保护塔里木河中游荒漠绿洲过渡带的生态安全提供评价依据。

1 研究区概况

选择塔里木河中游的肖塘地区作为研究区。肖塘地区位于尉犁县西南250 km处,北与轮台县轮南镇接壤,是尉犁县的西大门。肖塘地区位于塔里木河中游南岸,处在气候干旱、植被稀疏的塔克拉玛干沙漠北缘,是塔克拉玛干沙漠北部荒漠向绿洲的过渡区,下垫面为平坦的风蚀裸露古河床,属于塔里木河南冲积—淤积平原,地理坐标为北纬 $40^{\circ}67' - 41^{\circ}37'$,东经 $81^{\circ}74' - 85^{\circ}51'$ 。肖塘地区油气资源丰富,是塔里木油气开发的重点区域,同时也是我国第一条石油沙漠公路的起始处。该地区主要地貌类型组成为冲积洪积平原和沙漠,光热资源丰富,降水少,蒸发量大,气温差异显著,日照期长,夏季干热冬季干冷,无霜期长,风力强。研究区内土壤主要为草甸胡杨林土、淡色草甸土、胡杨林土、灌木林土、盐化胡杨林土、沙化胡杨林土和风沙土等类型。该地区的植被组成以贫乏、单层片状结构为主,生长稀疏、矮小、结构简单的沙质旱生和超旱生的半灌木、小半灌木占优势,呈典型沙漠植被样貌。天然植被主要有:胡杨、柽柳(*Tamarix*)、黑果枸杞(*Lycium ruthenicum*)、铃铛刺(*Halimodendron halodendron*)。

2 数据来源及处理

2.1 遥感数据

以Landsat数据作为主要数据源,包括1973年10月MSS,1990年10月TM,2000年8月ETM⁺及

2010年8月的TM数据共4期数据。在信息提取前,首先对影像进行辐射校正,然后在1:100万地形图上采集控制点,将2000年数据进行几何校正,其余3期影像则分别以2000年校正后影像作为基准进行几何校正,校正的误差控制在1个像元以内。其后再对图像进行镶嵌拼接、裁切等预处理,最后再对处理后的影像进行分类解译。

2.2 数据解译

根据塔里木河中游绿洲农业景观的现状、所能获得的资料,本研究的地物分类系统主要依据中国科学院土地利用/土地覆盖分类系统,同时根据研究需要,将研究区的地物主要分为农田、水域、草地、荒漠林地及未利用地5类。上述确定的分类系统基于:(1)研究区内地物光谱类别混杂现象比较严重,指标分得过于细会使类别间混分率增加,造成精度下降。(2)本研究重点在于荒漠林地、荒漠草地、水域、农田及未利用地之间的空间交替演变情况,本着保证分类精度和完成研究目标的原则,没有将指标划分过细。根据影像特征对3期TM/ETM影像采用面向对象的多尺度分类方法进行图像解译,而对MSS数据则采用人机对话解译。在数据解译的基础上,在ArcGIS中将不同时期同一土地利用类型赋予相同的颜色,绘制出塔里木河中游肖塘地区不同时期土地利用图。最后,在ArcGIS中完成拓扑关系建立、叠置分析及转移矩阵建立等工作,获得4个时期土地利用数据及其变化和转化数据。

2.3 研究方法

采用土地利用动态度、土地利用类型转移矩阵和土地利用类型转入/转出贡献率对研究区土地利用变化情况进行分析。土地利用动态度指研究区内一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化^[19],它可以表达单一土地类型的时空变化,也可以对区域土地利用动态的总体状况及其区域分异进行分析,对比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势都具有积极的作用^[20]。

土地利用动态度的表达式为:

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

式中: K ——研究时段内某一土地利用类型的动态度; U_a, U_b ——研究期初及研究期末某一种土地利用类型的数量; T ——研究时段长,当 T 的时段单位设定为年时, K 的值就是该研究区某种土地利用类型年变化率。

为进一步分析研究区荒漠林地的空间变化的内在过程和趋势,采用马尔科夫转移矩阵的分析方法,分析研究区土地利用变化情况,其数学表达式为:

$$p_{ij} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ p_{31} & p_{32} & \cdots & p_{3n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nm} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中： n ——土地利用类型数量； p_{ij} ——研究期初至期末类型 i 转化为类型 j 的面积。

为进一步体现土地利用过程中不同类型对转移量的贡献，采用土地利用类型转入/转出贡献率指标，来对比分析各土地利用类型转入和转出的数量特征。转入贡献率表达式为：

$$L_{ii} = \sum_{j=1}^n S_{ji} / S_t \quad (3)$$

式中： L_{ii} ——除 i 类外的其他土地利用类型向第 i 类土地利用类型转入面积占土地利用总转移发生量的比例； S_{ji} ——第 j 种土地利用类型向第 i 种土地利用类型转移的面积； S_t ——土地利用类型发生转移的总面积。

转出贡献率(L_{oi})表达式为：

$$L_{oi} = \sum_{j=1}^n S_{ij} / S_t \quad (4)$$

式中： L_{oi} ——除 i 类外的其他土地利用类型向第 i 类土地利用类型转移的面积占土地利用总转移发生量的比例。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化动态分析

1973—2010 年随着塔里木河流域大规模水土开发，研究区用地结构发生了较明显的变化。

从表 1 可以看出，1973—1990 年肖塘地区各类型土地利用情况变化不十分显著。总体上，未利用地和草地呈缓慢增长趋势，农田亦微幅增加，而同时荒漠林地和水域面积则出现下降趋势，其中荒漠林地面积呈轻微减幅，面积从 1973 年 682.43 km² 减至 1990 年的 656.73 km²，减幅面积达 25.7 km²。这期间由于塔里木河上游持续的水土开发，导致上游来水量的减少，中游水量不足导致荒漠林地的退化，一部分退化形成草地，一部分则转化为未利用地。塔里木河中游建立的人工渠道导致部分荒漠变成荒漠草地，同时也使得一些原有的一些支流河道来水量减少，进而导致水域面积缩减。

1990—2000 年研究区农田、水域和未利用地均有所增加，荒漠林地和草地则出现减少的趋势。其中农田面积大幅增加，增幅最大，达到 57.20 km²。农田面积的大幅增减，主要归因于棉花价格上涨，产生较好的经济效益，促使大量人员涌入，开垦土地，造成棉田面积相应扩大。而同时随着我国第一条沙漠公路的建设，以及肖塘地区的石油开发，大量人员涌入该地区，对荒漠林地进行盲目开采，进而导致荒漠林地大幅退缩，面积减少了 64.32 km²。

2000—2010 年研究区农田面积继续大幅增加，而荒漠林地、草地、水域和未利用地面积均出现退缩的趋势。由于棉花价格持续上涨，塔里木河两岸毁林开荒的现象持续不断。研究区农田面积进一步扩大了 87.36 km²，而同时荒漠林地面积则相应的大幅减少，面积缩减了 67.1 km²，研究区的生态环境在进一步恶化。

表 1 塔里木河中游肖塘地区 1973—2010 年土地利用动态变化

土地利用类型	1973 年		1990 年		2000 年		2010 年		动态度		
	面积/ km ²	比例/ %	面积/ km ²	比例/ %	面积/ km ²	比例/ %	面积/ km ²	比例/ %	1973— 1990 年	1990— 2000 年	2000— 2010 年
农田	0	0	0.68	0.02	57.89	1.86	145.24	4.67	—	835.18	15.09
荒漠林地	682.43	21.94	656.73	21.11	592.40	19.04	525.30	16.88	-0.22	-0.98	-1.13
草地	191.82	6.17	201.06	6.46	197.31	6.34	185.39	5.96	0.28	-0.19	-0.60
水域	13.80	0.44	9.62	0.31	12.30	0.40	12.23	0.39	-1.78	2.79	-0.05
未利用地	223.00	71.46	2243.01	72.1	2251.19	72.36	2242.90	72.09	0.05	0.04	-0.04

从土地利用动态度来看，1973—1990 年肖塘地区各土地类型的变化都不明显。其中水域的变化相对较大，年均动态变化度为 -1.78%，面积净减少 4.18 km²；草地的变化幅度仅次于水域，年均动态度为 0.28%，面积微幅增长 9.23 km²；荒漠林地的年均动态度为 -0.22%，面积有减少了 25.7 km²；而在 1973 年时，研究区没有农田，而到 1990 年才出现少

量农田，增幅为 0.68 km²，年动态变化度为 0。1990—2000 年肖塘地区的农田面积的变化幅度最大，增幅非常明显，面积净增加 52.70 km²，年动态变化率高达 835.18%；水域面积和未利用地面积则微幅增加，分别净增加 2.68 和 8.18 km²；与此同时，荒漠林地则减幅较大，面积净减少了 64.32 km²，年动态变化率达 -0.98%。而草地面积比上一时期微幅

减少了 3.74 km²。2000—2010 年研究区的各类型土地的年均动态变化度与上一时期相比,变化趋势发生改变。农田继续延续大幅增长的趋势,年动态变化度为 15.09%。而荒漠林地和草地的变化趋势依然与前一时期一样,继续减少的趋势,年动态变化度达分别达 -1.13% 和 -0.60%,变化幅度大于上一时期。而水域和未利用地与上一时期相比,则出现了相反的减少的趋势,年动态变化度分别为 -0.05% 和 -0.04%。总的来看,1973—2010 年的近 40 a 来,塔里木河中游肖塘地区的农田的面积增加幅度最大,而荒漠林地和草地面积则出现减少状态,其中,荒漠林地面积减少的最多,草地变动则不大,这表明研究区荒漠林地面积的大幅变化是由大规模的农田水土开发造成的。

3.2 土地利用转移矩阵分析

土地利用转移矩阵更详细的说明了研究区土地利用转变的过程(表 2)。1973—1990 年肖塘地区各种土地利用类型的维持和转化特征各不相同。

这一时期研究区人烟稀少,人为扰动较少,各土地利用类型自稳性较高,因而土地利用类型变化不大,主要是未利用地与草地的占地面积比例微幅增加,而荒漠林地、水域的占地面积比例轻微减少。维持占地比例最高的是未利用地,达到 72.1%,面积为

2 243.01 km²,是各土地利用类型单元中面积最大的一类。而在 1990—2000 年期间,研究区由于沙漠公路的修建以及棉花价格的上涨,该区域的土地利用发生了较大的变化。农田的占地面积比例明显大幅增加,而同时荒漠林地和草地的占地面积比例在大幅减少,表明该地区的生态出现不稳定状态。2000—2010 年研究区各种土地利用类型的维持和转化趋势与上一时期基本相同。随着棉花价格的不断上涨,该区域农田的面积继续不断扩大,相对的荒漠林地面积和草地的面积则持续缩小,占地比例最高的仍然是未利用地,面积未发生较大的变化。其中研究区的转出方向主要为农田,其中草地转出 13.27 km²,转入 1.35 km²,转出大于转入;而荒漠林地则转出 70.05 km²,转入 2.95 km²,同样转出大于转入。天然植被面积的大幅减少表明该地区的生态环境在继续恶化。

通过对研究区 1973—2010 年期间的土地利用转移矩阵的分析可知,随着整个塔里木河中游持续的水土开发,土地利用类型发生了较大的变化。由于地处荒漠绿洲交错带,未利用地是研究区的主要土地类型,占整个区域的面积没有发生明显的变化,而研究区的主要植被—草地和荒漠林地则持续发生转出,转出方向主要为农田。

表 2 塔里木河中游肖塘地区 1973—2010 年土地利用转移矩阵

时段	土地类型	转移面积/km ²					
		草地	荒漠林地	农田	未利用地	水域	合计
1973—1990 年	草地	182.05	0.86	0	8.65	0.26	191.82
	荒漠林地	17.81	644.21	0.62	13.31	6.48	682.43
	未利用地	0.19	1.8	0	2 221.05	0	2 223.04
	水域	1.01	9.85	0.06	0	2.88	13.80
	农田	0	0	0	0	0	0
	总计	201.06	656.73	0.68	2 243.01	9.62	3 111.09
1990—2000 年	草地	189.54	1.47	5.86	3.16	1.02	201.06
	荒漠林地	7.34	585.5	51.43	8.93	3.51	656.73
	未利用地	0	0.07	0.59	0	0.02	0.68
	水域	0.19	3.72	0	2 239.10	0	2 243.01
	农田	0.24	1.63	0	0	7.75	9.62
	总计	197.31	592.4	57.89	2 251.19	12.3	3 111.09
2000—2010 年	草地	184.04	1.13	11.17	0.67	0.31	197.31
	荒漠林地	0.98	522.35	66.87	1.91	0.28	592.40
	未利用地	0	0.78	57.09	0	0.02	57.89
	水域	0.37	0.40	10.07	2 240.35	0	2 251.19
	农田	0	0.64	0.05	0	11.61	12.30
	总计	185.39	525.3	145.24	2 242.93	12.23	3 111.09

3.3 转入/转出贡献率分析

结合对研究区土地利用类型转移矩阵的分析结果,对数据进行统计分析,获得个土地利用类型的转

入贡献率和转出贡献率(表 3)。

从转入贡献率来看,1973—1990 年研究区未利用地的贡献率最大,其次为草地,再次为荒漠林地;

1990—2000 年间占优势的是农田,其次为未利用地,而草地、荒漠林地和水域的贡献率都较低;而 2000—2010 年期间占优势的依然是农田,其余的未利用地、草地、荒漠林地和水域的贡献率都非常低;从转出贡献率来看,1973—1990 年研究区荒漠林地的贡献率最大,水域和草地的贡献率排列其后,因为 1973 年研究区尚未有农田开垦行为,农田没有贡献

率;1990—2000 年占优势的依然是荒漠林地,其次为草地,而未利用地、水域和农田的贡献率都很低;而 2000—2010 年期间占优势的依然是荒漠林地,其次为草地和未利用地,而农田和水域的贡献率比较接近,且都非常低。从表 3 中可以看出,在研究区各土地利用类型转入和转出的过程当中,荒漠林地、农田和草地的转移比较活跃。

表 3 塔里木河中游肖塘地区 1973—2010 年各期各土地利用类型转入/转出贡献率

时段	土地类型	草地	荒漠林地	农田	未利用地	水域
1973—1990 年	转入贡献率	31.21	20.55	1.12	36.05	11.07
	转出贡献率	16.04	62.76	0.00	3.27	17.93
1990—2000 年	转入贡献率	8.77	7.79	64.67	13.64	5.13
	转出贡献率	13.00	80.38	0.10	4.41	2.11
2000—2010 年	转入贡献率	1.41	3.08	92.16	2.70	0.65
	转出贡献率	13.87	73.24	0.84	11.33	0.72

注:转入/转出面积中不包括该土地利用类型内部转移量。

3.4 荒漠林地的格局变化分析

荒漠林是塔里木盆地可贵的森林资源,是塔里木河中游地区植物群落的优势种,又是群落的建群种,也是维护、改善该区域生态环境,保护农牧业生产的天然绿色屏障。作为研究区重要的景观要素之一的荒漠林地,其分布及面积变化是研究区生态环境变迁的直接反映。研究区分布的荒漠林主要是胡杨和柽柳。经过近 40 a 的变化,荒漠林面积由 1973 年最初 682.3 km² 减少到 2010 年的 525.3 km²,面积减幅达 23.01%,在整个研究的各个时期是全部呈负增长的土地利用类型,同时也是整个研究区转出面积最多的土地利用类型。1973—1990 年荒漠林地占整个研究区面积的比重从 21.94% 下降到 21.11%。面积变化幅度占这一时期所有土地类型面积变化幅度的 43%,是这一时期变化幅度最明显的一种土地类型。这一时期荒漠林地转出面积大于转入面积,转入面积与转出面积之差达 -21.31 km²,主要转出方向为草地,这表明研究区生态环境开始初步退化。1990—2000 年研究区荒漠林地占研究区的比重则进一步下降为 19.04%,面积变化幅度则占这一时期所有土地类型面积变化幅度的 47.25%,仍然是这一时期面积变化幅度最明显的一种土地类型。这一时期荒漠林地转出面积依然大于转入面积,转入面积与转出面积之差达 -64.32 km²,与上一时期相比,两者之差增大,表明研究区的生态环境进一步恶化。由于研究区人口的增加,以及棉花价格上涨等因素,造成了研究区的荒漠林地的主要转向了农田。2000—2010 年研究区的荒漠林地面积继续减少,其面积占研究区总面积的

比重从 2000 年的 19.04% 进一步下降为 16.88%,面积变化幅度则占这一时期所有土地类型面积变化幅度的 38.41%,是这一时期面积变化幅度仅次于农田的一种土地类型。这一时期荒漠林地转出面积依然大于转入面积,转入面积与转出面积之差进一步增大,差距达 -67.46 km²,与上一时期相比,两者之差依然较大,这表明研究区的生态环境还在持续步恶化。与上一时期相同,持续的水土开发致使荒漠林地的主要转出方向依然为农田。

1973—2010 年作为研究区的维持生态环境的天然植被,荒漠林地的格局变化的总的趋势为:荒漠林地面积持续发生缩减,其面积占研究区总面积的比重持续在下降。尤其是进入 20 世纪 90 年代后,随着研究区沙漠公路的开通以及油气田的开发,大量的人员涌入,造成研究区荒漠林地的面积减少速度持续加快。后两个时期荒漠林地的转入与转出之差的逐步加大,即是这一现象的佐证。

4 结论

(1) 研究区的总体土地利用结构组成变化不大,在 3 个时段,未利用地占明显优势,始终占研究区总面积的 72% 左右。1973—1990 年研究区人烟稀少,土地利用格局变化不大。1990—2010 年人类活动对研究区的干扰程度逐步呈上升状态,主要表现在农田面积在急剧增加,其占研究区总面积的比例从 1973 年的 0% 逐渐增长到 2010 年的 4.7%;而以荒漠林地为代表的天然植被则发生较大面积的减少,其占研究区总面积的比例从 1973 年的 21.9% 逐渐减少到

16.9%。维持研究区生态安全的主要天然植被逐渐被人工植被所替代。

(2) 1973—2010年研究区荒漠林地的分布格局受人类活动的加强而发生较大的变化。在各土地类型转换过程中,荒漠林地成为了整个研究区转出面积最多的景观要素。在3个不同时期,其转出面积始终大于转入面积,而且转出与转入之差逐渐加大,表明荒漠林地退化速度在加快,生态环境趋于恶化。

(3) 近40a来,人类对研究区内的自然景观的干扰逐渐增强,导致研究区主要的天然植被—荒漠林地的出现加速退化。研究区地处荒漠绿洲过渡带,随着以荒漠林地为主的天然植被的衰退,未利用地将逐渐沙漠化,由此将引发一系列生态安全问题,需要加强对生态环境保护的力度。

[参 考 文 献]

- [1] Alcamo J, Leemans R, Kreileman E. Global Changescenarios of the 21st Century: Results from the IMAGE 2.1 Model[M]. London: Pergamon, 1998.
- [2] 马彩虹,任志远. 陕西黄土台塬区土地系统变化特征分析[J]. 水土保持通报, 2014, 34(1): 237-241.
- [3] 谢芳,邱国玉,尹婧,等. 泾河流域40年土地利用/覆盖变化分区对比研究[J]. 自然资源学报, 2009, 24(8): 1354-1365.
- [4] 潘竟虎,苏有才,黄永生,等. 疏勒河中游土地利用与景观格局动态[J]. 应用生态学报, 2012, 23(4): 1090-1096.
- [5] 任秀金,盖艾鸿,宋金蕊. 1999—2009年青海省德令哈市土地利用/覆盖变化特征[J]. 水土保持通报, 2014, 34(5): 248-253.
- [6] 杨勇,任志远. 基于GIS的关中地区土地利用/覆盖变化对比研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(5): 40-45.
- [7] 王大鹏,杨艳超. 台儿庄区25年土地利用/覆盖变化研究[J]. 水土保持通报, 2010, 17(5): 187-189.
- [8] 刘建飞,杨勤科,梁伟,等. 近30年来陕北黄土高原土地利用动态变化分析[J]. 水土保持通报, 2009, 16(2): 112-116.
- [9] 张少伟,杨勤科,任宗萍,等. 江西省赣南地区土地利用动态分析[J]. 水土保持通报, 2011, 18(2): 53-56.
- [10] 马晴,李丁,廖杰,等. 疏勒河中下游绿洲土地利用变化及其驱动力分析[J]. 经济地理, 2014, 34(1): 148-155.
- [11] 韩路,王海珍,陈加利,等. 塔里木荒漠河岸林干扰状况与林隙特征[J]. 生态学报, 2011, 31(16): 4699-4708.
- [12] 邓潮洲,张希明,吴俊侠,等. 输水堤坝对塔里木河中游胡杨群落及种群的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(5): 1356-1366.
- [13] 尹林克,李涛. 塔里木河中下游地区荒漠河岸林群落种间关系分析[J]. 植物生态学报, 2005, 29(2): 226-234.
- [14] 韩路,王海珍,周正立,等. 塔里木河上、中游胡杨种群结构与统计分析[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 1315-1322.
- [15] 于军,白冠章,梁继业,等. 塔里木河上、中、下游胡杨种群高度结构特征[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(7): 103-109.
- [16] 韩路,王海珍,彭杰,等. 不同生境胡杨种群径级结构与格局动态研究[J]. 北京林业大学学报, 2010, 32(1): 7-12.
- [17] 王让会. 新疆英巴扎地区植被动态变化的监测与分析[J]. 国土资源遥感, 1999, 10(1): 43-48.
- [18] 王让会,韦如意. 干旱区内陆河流域荒漠河岸林变化研究[J]. 北华大学学报:自然科学版, 2000, 1(3): 242-245.
- [19] 姚安坤,张志强,郭军庭,等. 北京密云水库上游潮河流域土地利用/覆被变化研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(2): 53-59.
- [20] 史利江,王圣云,姚晓军,等. 1994—2006年上海市土地利用时空变化特征及驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12): 1468-1479.