

干旱区绿洲荒漠化演变趋势及成因分析 ——以吐鲁番绿洲为例

裴 欢¹, 覃志豪²

(1.燕山大学信息科学与工程学院, 河北 秦皇岛 066004; 2.中国农业科学院农业资源
与农业区划研究所, 北京 100101)

摘要: 基于吐鲁番绿洲SPOT遥感影像, 利用决策树分类, 对荒漠化信息进行提取, 分析荒漠化演变、发展及转换特点。结果表明: 吐鲁番荒漠化土地以风蚀、盐碱为主, 且中度风蚀荒漠面积所占的比例最大。由于轻度风蚀荒漠化土地的开垦, 荒漠化总面积1986~2004年减少9.77%, 但部分轻度风蚀荒漠转化为成为程度更高的中度重度风蚀荒漠, 重度风蚀荒漠和盐碱地面积分别扩大2和12倍。研究区荒漠化土地面积出现缩减, 但荒漠化程度加深, 发展速度加快, 对生态环境带来了极大的压力。

关 键 字: 吐鲁番绿洲; 荒漠化; SPOT; 演变

中图分类号: F301.24

文章标识码: A

文章编号: 1000-0690(2012)04-0506-05

“荒漠化”指包括气候变异和人类活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和亚湿润地区的土地退化^[1]。中国荒漠化土地占国土面积的27.9%, 95%的荒漠化土地集中在西部^[2], 荒漠化的发生发展已给西部荒漠化地区的生态环境、社会经济发展与人民生活造成了严重的危害。科学而准确地掌握荒漠化发展及变化, 对荒漠化防治决策具有重要的实践意义。

遥感技术为多时空荒漠化监测与评价提供了良好的平台, 遥感在荒漠化监测及评价中的应用已从经验性的目视解译、植被单一指标评价, 发展到多遥感指标综合评价及多学科结合评价^[3-11]。但目前的研究仅针对荒漠化进行分析, 而没有考虑到荒漠化土地与其他土地类型是如何转换, 无法更好的掌握其时空演变过程, 本文主要基于1986年、1998年、2004年3期吐鲁番绿洲SPOT遥感影像, 采用决策树分类方法, 对研究区土地利用信息特别是荒漠化信息进行提取, 进而对近20 a研究区荒漠化演变过程进行分析, 以期对荒漠化防治提供科学依据。

1 研究区概况及数据

吐鲁番地区位于新疆维吾尔自治区的东部, 四周高山环抱, 地势低凹, 太阳辐射强, 加之受塔里木热低压的影响, 形成日温特别高, 炎热期长, 多大风的气候特点。吐鲁番年平均降水量仅为6.9~25.2 mm, 而蒸发却极为强烈, 年平均蒸发能力为2 727~3 837.8 mm, 比降水量高110~540倍^[12]。目前, 荒漠化特别是盐渍化已成为吐鲁番最严重的生态环境问题, 对地区经济的发展和人民的生活构成了威胁。

本文获取了1986年、1998年、1999年和2004年研究区SPOT遥感数据; 70幅1:5万吐鲁番地形图, 覆盖吐鲁番14个乡镇; 乡镇行政界线; 地下水位等值线图; 土壤类型图。在已有资料基础上, 与遥感数据同期时段进行了实地调查, 记录反映景观特征的植被类型、土地利用类型。通过对地形图矢量化, 编辑赋属性, 进一步的处理, 生成DEM。以1:5万地形图为参考底图, 完成对SPOT数据的几何校正。

收稿日期: 2011-04-05; **修订日期:** 2011-08-11

基金项目: 国家973项目(2010CB951504)和秦皇岛市科学技术研究与发展计划项目(201001A429)资助。

作者简介: 裴 欢(1982-), 女, 甘肃民勤县人, 博士研究生, 研究方向为资源环境遥感。E-mail: 1982197950@163.com

通讯作者: 覃志豪, 研究员。E-mail: qinzh@caas.net.cn

2 研究方法

2.1 荒漠化信息提取

1) 分类系统的确立。参考《全国荒漠化普查土地类划分及标准》将土地类型化分为非荒漠化土地和荒漠化土地两大类,然后再进行细分^[13]。根据各种荒漠化土地在SPOT数据的光谱特征,将盐碱地、戈壁、风蚀残丘、沙地等类型按照荒漠化成因的不同及荒漠化程度的高低合并为盐碱地、盐漠、轻度风蚀荒漠、中度风蚀荒漠和重度风蚀荒漠。

2) 分类特征分析与筛选。由于SPOT影像波段数较少,不具备丰富的波谱信息,需要增加其它能反映地物特征的信息参与分类^[14]。本研究综合考虑SPOT数据特点和研究区土地利用覆盖特征,选取除SPOT原始波段外K-L-1^[15]、K-L-2、DEM、SLOPE、NDVI、TC1、TC2、TC3、NDMI^[16]、MNF-1共14个波段作为分类特征,形成具有14层数据的数据集。采用Euclidean距离法,计算了不同波段组合下易混淆的土地利用覆盖类型的类间分离性。由SPOT遥感影像原始波段、K-L-1、TC1、TC2、TC3和DEM组成的9层组合分类效果最好。

3) 训练样本选取。耕地、园林地、草地、盐漠、水体、轻度、重度荒漠化在影像上特征明显,训练区容易选择;不同程度盐碱地色调变化不大,选择训练区时较难定出等级,将轻度、中度、重度盐碱地按同一类别选择;中度荒漠化中的白板地、岩质、砾质荒漠土地光谱特征差异较大,对它们分别选择了训练区。这样,研究区总共选择耕地、园林地、草地、盐漠、水体、城镇居民地、沙漠、盐碱地、白板地、砾石、裸岩、荒地12种土地利用/覆盖类型。

4) 建立决策树分类模型。运用最小距离监督分类结果表明:①农田、园林地、盐漠、水体、白板地、沙漠6种地物分类效果很好,未与其它地物发生

混淆;②城镇居民地与砾石、裸岩发生混淆,在这两种地物中混有大量城镇居民地;③盐碱地与荒地发生较严重混淆,特别是轻度盐碱地与荒地较难区分;④草地由于植被盖度不同与荒地发生混淆。

除了未发生混淆的6种地物,其余6种地物可依照下述思路提取。裸岩最大高程为590.72 m,最小高程551.72 m,砾石最大高程459.01 m,最小高程0 m;而城镇居民地高程介于-38.91~-140.38 m之间,因而通过设定阈值,将初次分类中裸岩和砾石高程小于140.38 m的地物分离出来,将其定义为城镇居民地,即可完成城镇居民地提取。草地在TC3特征波段上的值较低,位于-18~-68 m之间,荒地和盐碱地的特征值均高于-18,将初始分类的荒地和盐碱地中TC3<-18的像元提取出来,将其划分为草地。最后一步就是荒地和盐碱地的划分。荒地和盐碱在最小噪声分离指数MNF上差异较大,荒地在MNF特征波段分布范围为-59.32~-41.23,而盐碱地分布范围为-38.54~-26.97,以-40为阈值,可将两种地物分离开来。

2.2 荒漠化演变研究方法

土地变化主要体现在土地利用类型变化、数量变化、土地利用程度变化及土地利用变化的区域差异等^[17]。本研究选取变化幅度、变化速度、土地利用/覆盖转化率作为研究吐鲁番绿洲荒漠化演变过程的指标,具体计算方法请见有关文献^[18]。

3 结果及分析

3.1 土地利用/覆盖分类结果

依照上述分类方法,对研究区荒漠化信息进行了提取。3期影像的分类总精度均在80%以上,kappa系数也在0.8以上(图1)。

根据遥感影像解译结果,统计3个时期研究区土地利用覆盖情况(表1)。结果表明:研究区土地

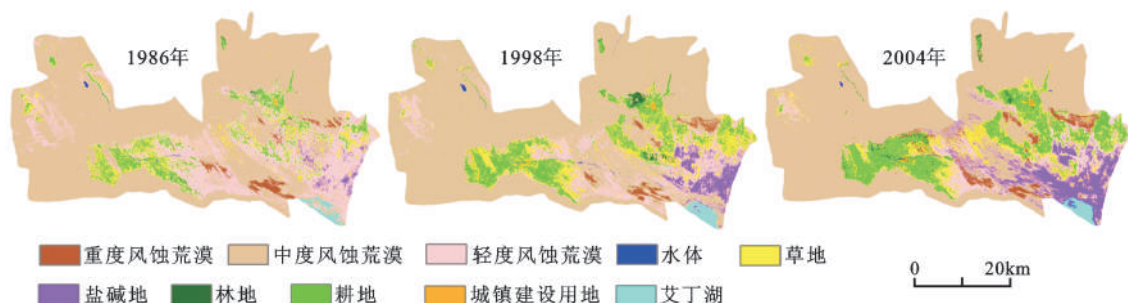


图1 吐鲁番绿洲1986年、1998年、2004年土地利用/覆盖分类结果

Fig.1 The land use/cover classification results of Turpan oasis in 1986, 1998 and 2004

表 1 吐鲁番绿洲土地利用分类

Table 1 Land cover/use classification statistic results in Trupan oasis

土地利用类型		1986 年 (km ²)	占总面积 比例(%)	1998 年 (km ²)	占总面积 比例(%)	2004 年 (km ²)	占总面积比例 (%)
非荒漠化土地	城镇居民地	7.00	0.10	14.95	0.26	19.22	0.35
	耕地	213.95	4.34	317.43	6.43	410.97	8.33
	水体	4.60	0.09	6.83	0.14	5.87	0.12
	园林地	25.40	0.51	65.18	1.32	111.81	2.27
	草地	218.53	4.43	388.65	7.88	397.71	8.06
荒漠化土地	盐碱地	30.09	0.61	128.81	2.61	325.53	6.60
	盐漠	14.53	0.29	30.69	0.62	20.68	0.42
	轻度风蚀荒漠	1003.97	20.35	501.89	10.17	374.00	7.58
	中度风蚀荒漠	3357.15	68.04	3426.63	69.45	3160.41	64.05
	重度风蚀荒漠	60.92	1.23	55.09	1.12	109.93	2.23

利用结构以荒漠化土地为主体。1986 年荒漠化面积占研究区总面积的 90.53%，随着城市扩张及耕地、园林地等的开发，荒漠化面积不断缩减，1998 年占总面积的 83.97%，2004 年减少到 80.88%。就类型而言，中度风蚀荒漠所占面积最大，其次为轻度风蚀荒漠。不同荒漠化土地变化趋势不尽相同，盐碱地一直处于扩张状态，中度风蚀荒漠和盐漠面积较稳定，轻度风蚀荒漠缩减明显，重度风蚀荒漠相对初始状态扩张也较明显。

3.2 荒漠化动态变化

由表 2 可知，1986~1998 年，研究区轻度风蚀荒漠面积大幅度减少，12 a 面积减少 502.08 km²，年变化幅度达到-41.84 km²；盐碱地、中度风蚀荒漠和盐漠面积有所增加，盐碱地增幅较大，达到 8.23 km²，其变化速度在所有荒漠化土地中位居第一。

1998~2004 年轻度风蚀荒漠面积继续以-21.32 km²的年变化幅度缩减，但其它类型与等级的荒漠化土地与前 12 a 出现不同趋势，中度风蚀荒漠和盐漠有所缩减，年变化幅度达到-44.37 km²；由于不合理的灌溉方式，绿洲内部地下水位不断上升，

盐碱地面积得到空前的扩张，6 a 间面积增加 196.72 km²，年变幅达到 32.79 km²，比 1986~1998 年年均变幅扩大 4 倍，LUCC 空间变化速率和 LUCC 动态度仍高达 34.47%和 25.45%；重度风蚀荒漠化在这 6 a 内扩张明显，面积增加了 54.84 km²，年变化幅度达到 9.14 km²，比上个 12 a 高出近 20 倍，LUCC 空间变化速率和动态度分别为增加 2.8 倍和 20.7 倍，说明沙漠面积扩张速度惊人，对绿洲生态环境带来了极大影响。

总体来说，进入 21 世纪，荒漠化土地变化幅度有了较大提高，变化速度加快，特别是重度风蚀荒漠和盐碱地的增幅都较 1986~1998 年扩大 4 倍之多，荒漠化扩张非常明显。

3.3 荒漠化转换分析

1986~1998 年荒漠化土地面积由 4 436 km²减少到 4 143 km²，主要是轻度风蚀荒漠面积大幅度减少所致。但其它荒漠化土地面积均呈现增加的趋势。轻度风蚀荒漠减小的面积中有 35.8%，16.23%，9.95%，7.22%的面积转化为中度风蚀地、草地、耕地和盐碱地，转出率达到 72.56%；中度风

表 2 吐鲁番绿洲土地利用/覆盖变化

Table 2 Land cover/use change statistic results in Trupan oasis

土地利用类型	年变化幅度(km ²)		LUCC 空间变化速率(%)		LUCC 动态度(%)	
	1986~1998 年	1998~2004 年	1986~1998 年	1998~2004 年	1986~1998 年	1998~2004 年
轻度风蚀荒漠	-41.84	-21.32	7.93	17.03	-4.17	-4.25
中度风蚀荒漠	5.79	-44.37	2.00	3.32	0.17	-1.29
重度风蚀荒漠	-0.49	9.14	10.17	28.45	-0.80	16.59
盐碱地	8.23	32.79	33.41	34.47	27.34	25.45
盐漠	1.35	-1.67	14.01	9.32	9.27	-5.44

蚀地增加的面积主要来源轻度风蚀荒漠化土地的转入, 占到1998年中度风蚀荒漠面积的10.49%; 重度风蚀地增加的面积也主要来源于中度风蚀和轻度风蚀荒漠; 盐碱地增加的面积主要来自中度和轻度风蚀荒漠, 两者分别转入33.21 km²和72.44 km²; 盐漠增加的面积也分别来自轻度风蚀和中度风蚀荒漠, 两者转入的面积占到1998年盐漠面积的66%。可见, 荒漠化程度加深, 并且转换主要发生在不同类型荒漠之间。

1998~2004年荒漠化总面积继续以25 km²/a的平均速度减少, 6 a共减少152 km²。原因仍在于轻度风蚀荒漠的缩减, 中度风蚀荒漠和盐漠面积也出现了缩减。轻度风蚀荒漠减小的面积主要转化为中度风蚀荒漠化、草地和盐碱地, 三者所占比例达到50%以上; 中度风蚀荒漠转出类型主要是盐碱地和草地, 转入类型主要是轻度风蚀荒漠; 盐漠减少的面积全部转化为盐碱地和中度风蚀荒漠。2004年盐碱地面积大幅度增加, 新增面积中, 有70%来源于中度风蚀荒漠和轻度风蚀荒漠; 重度风蚀荒漠新增的面积主要来源于中度风蚀荒漠和轻度风蚀荒漠。可见, 1998~2004年荒漠化土地的转化仍集中于风蚀荒漠化土地、盐碱地和草地内部, 不同类型荒漠化土地易发生转化。

从以上分析可以看出, 吐鲁番绿洲发生较大规模的土地利用/覆盖类型间的转换, 特别是轻度风蚀和中度风蚀荒漠与其它土地利用类型之间转换非常突出。两者与其他土地类型发生的转换占所有土地转换面积的50%。

3.4 荒漠化转移分析

按荒漠化转移的性质, 转移过程可分为荒漠化发展和荒漠化逆转两种类型。荒漠化发展表示荒漠化程度加深以及由非荒漠化向荒漠化转化的过程; 荒漠化逆转表示荒漠化程度减轻及荒漠化向非荒漠化转化的过程。分别统计了两种转化类型的速度(表3), 结果显示: 2个时期荒漠化逆转速度远远高于荒漠化发展速度, 充分印证了荒漠化面积缩减的事实, 荒漠化治理已取得一定的成效。然而, 1998~2004年荒漠化发展速度高于1986~1998年, 说明荒漠化得到治理的同时, 部分区域荒漠化程度有所加深。

3.5 荒漠化成因分析

吐鲁番荒漠化的形成及发展是多种营力共同作用的结果, 干旱气候是土地荒漠化的前提条件,

表3 吐鲁番不同类型荒漠化转化速度(km²/a)

Table 3 The conversion rate of different desertification type

	1986~1998年	1998~2004年
荒漠化发展速度	47.21	65.55
荒漠化逆转速度	55.04	92.52

再加上大风的频繁出现, 极大程度的加剧了土地荒漠化的形成和发展。地形和人为因素是另一个荒漠化发展的动因, 吐鲁番地势低洼, 土地内涝严重, 地下水矿化度高, 加之农业施肥结构不合理, 土壤结构趋向板结, 地力严重衰退, 成为盐碱地发育的有利条件。

4 结论与讨论

1) 研究区荒漠化面积占总面积的80.88%, 以风蚀荒漠化及盐碱化为主。不同类型及程度的荒漠化土地变化趋势不同: 轻度风蚀荒漠面积减小, 中度风蚀荒漠化面积不变, 其它荒漠面积增加。盐碱地和重度风蚀荒漠面积扩张非常迅速, 两者面积分别增加12倍和2倍。

2) 不同类型荒漠化土地之间易发生转换, 特别是轻度风蚀、中度风蚀和盐碱地之间转换幅度较大, 这也说明荒漠化土地在自然和人为双重作用下不断演替变化, 特殊的自然环境使得吐鲁番荒漠化治理难度加大。

3) 虽然吐鲁番绿洲荒漠化总面积有所缩减, 主要原因在于轻度风蚀荒漠化土地的缩减, 大部分轻度荒漠化面积转化为荒漠化程度更高的中度风蚀荒漠化。1998~2004年荒漠化年均发展速度比上一个阶段增加18.34 km², 亦充分说明荒漠化程度加深的事实。吐鲁番绿洲荒漠化程度总体来说日趋严重, 生态环境问题日益突出。

参考文献:

[1] 李香云,王立新,章予舒,等.西北干旱区土地荒漠化中人类活动作用及其指标选择[J].地理科学, 2004,24(1):68~75.

[2] 刘 艳,李 杨,崔彩霞,等.MODIS MOD13Q1 数据在北疆荒漠化监测中的应用评价[J].草业学报,2010,19(3):14~21.

[3] 马立鹏,韩光庆,李 源.TM 影像在河西地区荒漠化土地调查中的应用[J].中国沙漠,1996,16(4): 401~406.

[4] 王文丽,董治宝.若尔盖高原30年沙地变化趋势分析[J].中国沙漠,2008,28(4): 617~621.

[5] 朱金花,黎劲松.基于遥感与GIS技术的吉林省西部土地沙漠化现状及发展趋势研究[J].地理科学, 2001, 21(2):140~144.

[6] 范建容,刘淑珍,钟祥浩,等.金沙江干热河谷土地荒漠化评价

- 方法研究[J].地理科学,2002,22(2):243~248.
- [7] Symeonakis E, Drake N. Monitoring desertification and land degradation over sub-Saharan Africa[J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(3): 573-592.
- [8] 李宝林,周成虎.东北平原西部沙地沙质荒漠化的遥感监测研究[J].遥感学报, 2002, 6(2):117~122.
- [9] 曾永年,向南平,冯兆东,等.A lbedo- NDVI 特征空间及沙漠化遥感监测指数研究[J].地理科学, 2006,26(1):75~81.
- [10] 殷 贺,李正国,王仰麟.蔡福基于时间序列植被特征的内蒙古荒漠化评价[J].地理学报,2011,66(5):653~661.
- [11] 田 静,苏红波,陈少辉,等.黑河中游绿洲化荒漠化的时空变化遥感分析[J].资源科学,2011,33(2):347~355.
- [12] 裴 欢,魏 勇,房世峰,等.基于 SPOT 高分辨率遥感数据的绿洲荒漠化土地分类方法[J].资源科学,2011,33(6):1204~1210.
- [13] 束克欣.土地管理基础[M].北京:地质出版社,2000.
- [14] 吴建寨,李 波,崇 洁,等.天山北坡不同景观区域土地利用与生态系统功能变化分析[J].资源科学,2008,30(4):621~628.
- [15] 何祺胜,塔西甫拉提.特依拜,丁建丽.基于决策树方法的干旱区盐渍地信息提取——以渭干河-库车河三角洲绿洲为例[J].资源科学,2006,28(6): 134~140.
- [16] 赵英时.美国中西部沙山地区环境变化的遥感研究[J].地理研究,2001,20(2):213~219.
- [17] 史培军,宫 鹏,李小兵,等.土地利用/覆盖变化研究的方法实践[M].北京:科学出版社,2000.
- [18] 满苏尔·沙比提,陆吐布拉·依明.新疆南疆地区土地利用变化及其生态效应[J].地理科学,2011,31(4):440~446.

Desertification Development and Its Cause in Oasis of Arid Areas

—A Case Study of Turpan Oasis, Xinjiang

PEI Huan¹, QIN Zhi-hao²

(1.College of Information Science and Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao, Hebei 066004, China; 2. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Based on high resolution remote sensing data-SPOT images of Turpan Oasis, by using of decision tree classification method, desertification information was abstracted and desertification evolution, development as well as conversion characteristics were analyzed in the paper. The results showed that wind erosion desertification and salinization were the main desertification types in research area. Moderate wind erosion desertification occupied the highest proportion, which accounted 64.05 % of the total in research area. Because of the reclamation of mild wind erosion desertification land, the total desertification land area decreased by 9.77% from 1986 to 2004. At the same time, part mild wind erosion desertification land converted to more serious desertification land. Severe desertification land and salinization land enlarged 2 and 12 times respectively. Speed of desertification reversal was higher than that of development, whereas the later period desertification development speed were accelerated, both showing that when desertification were harnessed, the desertification degree in part of the area was deepen. The development of desertification has brought enormous pressure on local environment.

Key words: Turpan Oasis; desertification; SPOT; development