

## 新疆于田绿洲生态弹性度与景观环境分析<sup>\*</sup>

张宝秀<sup>1</sup>,熊黑钢<sup>1</sup>,徐长春<sup>2</sup>

(1. 北京联合大学 应用文理学院,北京 100083; 2. 新疆大学 资源环境学院,乌鲁木齐 830046)

**摘 要:**利用遥感资料和模型定量估算了新疆于田绿洲生态弹性度和生态景观的变化。结果表明:1976 - 1999 年荒漠不断减少,草地面积大幅度增加以及水体的适量扩大,该绿洲生态系统的生态弹性度逐年提高,生态系统对抗扰动和压力的缓冲与调节能力不断增强。这一方面有效地防止土地沙漠化,减少了风沙危害,同时促进了绿洲生态系统的稳定和健康发展。

**关键词:**生态弹性度;绿洲;环境

**中图分类号:**X171.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2008)06-0112-03

## Study on Ecological Resilience and Environment in Yutian Oasis, Xinjiang

ZHANG Bao-xiu<sup>1</sup>, XIONG Hei-gang<sup>1</sup>, XU Chang-Chun<sup>2</sup>

(1. College of Art & Science of Beijing Union University, Beijing 100083, China; 2. Institute of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** This paper attempts to use the remote sensing and quantitative methods to probe into changing of ecological resilience in Yutian, Xinjiang. Studies showed that the landscape ecological resilience of oasis increases year by year which implies that the buffering and adjusting ability of ecosystem strengthened. The reason can be come down to the big decrease of desert, swift increase of grassland and mild enlargement of farm field and water.

**Key words:** ecological resilience; oasis; environment

生态系统稳定性评价研究在 20 世纪 70 年代开始,并取得较大的进展。稳定性包括自我平衡、没有病征、多样性、有恢复力、有活力和能够保持系统组分间的平衡等 6 个方面。由于要评价的生态系统类型各异,因此也产生了多种评价方法和指标<sup>[1-5]</sup>。干旱区绿洲是由生态系统和经济系统相互交织、相互作用、相互耦合而成,生态弹性力是描述脆弱生态区状态的综合性变量,比较适合评价干旱区绿洲生态系统<sup>[6]</sup>。新疆于田绿洲由于森林覆盖率低,干旱和风沙危害大,是典型的脆弱生态区。其地处边远,农业生产水平低,优势产业比重小等不利因素制约了经济发展,目前还有 4.2 万农村人口未脱贫,被国务院确定为国家重点扶贫县。对其生态系统稳定性的评价,有利于为于田绿洲的生态环境建设提出具有可操作性的建议 and 对策,以实现区域生态和社会、经济的可持续发展。

### 1 研究区概况

于田绿洲位于塔里木盆地南缘,研究区分布范围为 E81°05' - 82°00', N36°40' - 37°15'。这里四季分明、昼夜温差大,热量资源丰富,光照充足,降水稀少,蒸发量大,春夏多风沙和浮尘等灾害天气。属暖温带内陆干旱荒漠气候,多年

平均气温为 11.6℃,多年平均降水量 47.7 mm,蒸发潜力是 2 432.1 mm,多年平均相对湿度 42%,10℃积温 4 208.1℃,年日照总数为 2 769.5 h,日照率为 62%,大部分灌区多年平均无霜期为 213 d。全县境内发源于山区的大小河流 11 条,其中可利用河流 5 条,多年平均年总径流量 8.554 亿 m<sup>3</sup>,其中,最大的河流为克里雅河,年径流量占年总径流量的 80%左右。地下水储量为 3 186.84 亿 m<sup>3</sup>,地下水综合补给量 6.729 4 亿 m<sup>3</sup>。

### 2 生态弹性度

生态系统在自然和人为干扰下不断发生变化。在不同强度的外界作用力下系统表现出不同的生态响应。适度干扰可增加其异质性;而严重干扰往往使异质性迅速降低,生态系统中某些景观难以再恢复到原来的状态,而产生新的动态;极度干扰则会使原来的景观消失,并为新的景观所代替。当生态系统在内外扰动或压力不超过其弹性限度时,系统在偏离原来状态后可恢复到原有状态,这就是生态系统的弹性力。

生态系统弹性力为人类的生存和发展奠定了基础,系统的弹性力越大则稳定性越好,表明人类的活动余地越大,可选择的机会越多,可承受的自然灾害等冲击力也越大。

<sup>\*</sup> 收稿日期:2008-04-11

基金项目:国家自然科学基金(40771194);北京市属高等学校人才强教计划资助项目

作者简介:张宝秀(1964-),女,黑龙江人,教授,博士,主要从事区域环境研究。E-mail:baoxiu@ygi.edu.cn

通信作者:熊黑钢(1956-),男,湖南人,教授,博士,主要从事资源环境研究。E-mail:xhg1956@sohu.com

2.1 生态弹性力

生态系统弹性力主要包括 2 个方面 ,一是系统的弹性强度 ,即系统的弹性力高低 ;二是系统的弹性限度 ,指系统的弹性范围 (阈值范围) ,即可变化的余地大小。生态系统的弹性强度大小取决于系统的自身状态。地形地貌、气候条件、土壤、水分供求转化以及植被状况基本决定了生态系统的性质 ,因而决定了生态系统的弹性强度大小。弹性限度大小则主要反映特定生态系统缓冲与调节能力大小。对于特定区域 ,在特定时段内 ,生态系统特征要素的状态是一定的 ,因而由这些因素组合而成的生态环境类型和相应的生态系统弹性力 (弹性强度) 也是一定的 ,因此生态系统弹性限度及其变化更多地引起关注<sup>[7]</sup>。

2.2 生态弹性度计算方法

由于植被是整个生态系统的控制性组分 ,它从一定程度上反映了该生态系统所在区域的水文 (地上、地下)、气候、地形地貌、土壤等状况。同时也是生态系统运动变化综合的结果 ,所以通常情况下 ,可通过植被类型的变化判断生态系统的弹性限度大小。一般情况下 ,系统组成越复杂、多样化 ,各构成类型的健康状况越好 ,系统的弹性范围就越大。由此 ,可将生态弹性限度大小量化为<sup>[7]</sup>

$$E = D_i \sum_{i=1}^n S_i \cdot P_i = ( - \sum_{i=1}^n S_i \ln S_i ) \cdot \sum_{i=1}^n S_i \cdot P_i \quad (1)$$

式中 :  $E$  ——生态弹性限度大小 ;  $S_i$  ——土地利用类型  $i$  的面积覆盖百分比 ;  $P_i$  ——土地利用类型  $i$  的弹性分值 ;  $D_i$  ——多样性指数。

由于在生态系统中 ,地面覆盖不一定是植被 ,因此式中  $S_i$  表示不同地物的面积比 ,而非植被面积比 ;  $P_i$  表示某种地

物覆盖的弹性分值 ,可通过覆盖度、生产力或专家评分的方法确定 ;生态系统的弹性限度大小除取决于地物的覆盖类型与等级状况外 ,还取决于地物类型的多样性。

3 于田县生态弹性度变化分析

选用 1976 年 MSS (11 月 20 日)、1989 年 TM (10 月 27 日) 和 1999 年 TM (9 月 15 日) 遥感图像为主要信息源 ,并参考 1 : 5 万地形图 ;1992 年、1995 年、1998 年于田县土地利用图 (1 : 5 万、1 : 1 万) ,以 1999 年已校正 TM 影像为基准进行对其余两图像几何校正和季相模拟。

依据影像资料的形状、大小、色调、纹理结构、阴影和立体感等特征 ,采用以精度和稳定性都较高的复合分类法 ,结合干旱区及绿洲土地利用情况的实际 ,并参照国家颁布的土地利用现状分类系统 ,原则和规则 ,将本区土地利用类型分为 7 类 (表 1) 。通过 1998 - 2000 年野外调查和访问对所分类进行实地验证 ,确保有关土地利用类型分类解译图件的精度控制。

对于田县生态弹性强度有影响的土地利用类型可分为 3 大类型。第一类为对研究区生态弹性度有控制和决定意义的类型 ,主要包括水域、高草、中草、农田 ,第二类为中间类型 ,对稳定生态系统和提高区域生态弹性度有积极作用 ,但如果利用的不好 ,则很容易退化而使区域生态弹性度降低 ,主要包括湿地、低密草。干旱区降水稀少、蒸发特别强烈 ,土壤下部的盐分极易随水分蒸发上升至地表 ,并造成湿地转化为盐碱地。第三类为对生态弹性度贡献很小和需要改造的类型 ,主要包括盐碱地、荒漠 (表 1) 。

表 1 生态弹性度  $P_i$  值分类表

类型	土地利用类型	分值	生态价值
重要型	水域、高密度草地	90 ~ 100	对维持绿洲的稳定性和保持绿洲的调节能力方面有极其重要作用。
	中密度草地	80 ~ 90	水是决定绿洲能否存在与发展的首要因素 ;草地、
	农田	60 ~ 80	农田对局地气候可以起到增湿和改善微生物循环的作用。农田需要人类的灌溉方可维持 ,故所赋分值相对较低。
中间型	湿地	40 ~ 60	对维持生态系统弹性度有重要作用 ,但利用不好 ,
	低密度草地	20 ~ 40	则容易退化而导致生态弹性度下降 ,对这类地应谨慎利用。
威胁型	盐碱地	10 ~ 20	对生态弹性度的贡献很小。盐碱地相对稳定 ,赋分较高 ;
	荒漠	- 5 ~ 10	沙漠由于易于流动 ,对绿洲稳定性存在威胁 ,赋予负值 ;戈壁相对稳定 ,赋正值。

利用 ARC/INFO 软件系统及辅助设备 ,对 3 期土地利用类型图矢量化和土地利用类型特征参数的计算与分析 ,得到生态弹性分值  $P_i$  分布图。根据式 (1)、 $P_i$  分布图以及分类表 ,计算得研究区 1976 - 1999 年生态弹性度变化 :

1976 - 1999 年于田绿洲生态弹性度逐渐增加。1976 年、1989 年、1999 年分别为 25.36、43.94、49.52 ,表明该绿洲生态系统对抗动和压力的缓冲与调节能力增强。其主要原因是对生态弹性度贡献小的 ,威胁型土地利用类型 ——荒漠明显减少 (表 2) 。重要型和中间型的土地利用类型 ——草地面积迅速增加以及农田、水体的适量扩大 (表 2) 。这意味着系

统的自我维持和自我抵抗能力增强 ,系统的稳定度增大。其中 ,1976 - 1989 年生态弹性度迅速增加 ,增幅高达 73.26 % ,生态环境有很大改善。而 1989 - 1999 年生态弹性度则增长明显趋缓 ,仅增 12.70 %。虽然后期改善的速度减慢 ,但发展趋势仍然较好 ,有利于人类未来的可持续发展。

4 土地景观变化与环境影响

干旱区绿洲生态弹性力是人类活动和自然变化对土地干扰结果的综合反映 ,因此 ,土地利用类型的变化可反映出人类对环境的影响。

表 2 不同年份各类数据统计结果

年份	参数	农田	水体	湿地	高草	中草	低草	盐碱地	荒漠
1976	斑块数目/个	1736	151	369	307	834	2045	473	1186.0
	面积/ km <sup>2</sup>	395.7	13.1	64.4	49.8	493	448.8	42.5	2984.2
	面积比/ %	8.77	0.29	1.43	1.10	10.93	9.95	0.94	66.6
1989	斑块数目/个	2828	342	274	953	1753	3058	571	1355.0
	面积/ km <sup>2</sup>	369	32.6	48.2	81.8	597.0	987.4	22.3	2353.2
	面积比/ %	8.22	0.73	1.07	1.82	13.29	21.98	0.50	52.4
1999	斑块数目/个	1294	387	315	1711	2212	2372	259	928.0
	面积/ km <sup>2</sup>	378.7	35.1	27.8	141.1	705.6	909.1	12.2	2282.0
	面积比/ %	8.43	0.78	0.62	3.14	15.71	20.24	0.27	50.8

#### 4.1 耕地面积与水资源

于田县自 1949 年以来耕地、开荒和总播种面积不断减少(图 1)。因其地处极端干旱区,农业灌溉主要依靠河流。但由于河流径流量年内分配极不均匀(表 3),洪水期(6-9 月)径流量占全年的近 75%。同时,于田县缺乏大型水库,对水资源的调节能力差。农业灌溉受克里雅河来水的制约,加之各耕作区作物品种、耕作制度等的影响。每到用水旺季,水资源往往供不应求,引发农业内部的农林牧用水的矛盾。耕地面积的减少,则相应地减轻了水资源需求的压力,缓解了用水矛盾。

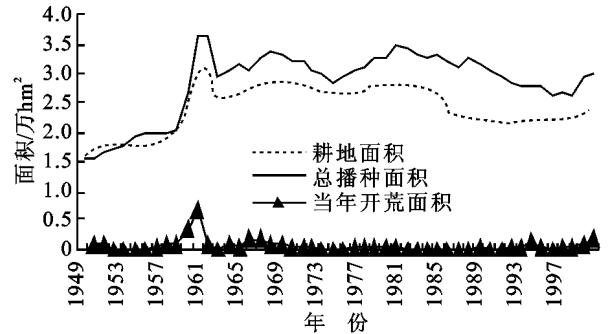


图 1 开荒、耕地面积和总播种面积变化

表 3 克里雅河径流量年内分配表

月份	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	年
水量/ 亿 m <sup>3</sup>	0.175	0.173	0.156	0.182	0.232	0.425	0.970	1.98	1.727	0.524	0.272	0.210	7.15
占全年水量/ %	2.49	2.46	2.22	2.59	3.30	6.05	13.8	28.2	24.6	7.46	3.87	2.99	100
水量/ 亿 m <sup>3</sup>	0.50	0.83	4.68	1.00									
占全年水量/ %	7.17	11.9	56.6	14.3									

#### 4.2 草地与沙漠化

近年来草场发育较快。草地转化为其他景观类型的比例较小,大多数还是在草地之间进行相互转化。同时,其他类型向草地转化的比例比较大(表 2)。特别是占绝对数量的荒漠转化为草地的面积很大。1976 年共有草地 991.6 km<sup>2</sup>,到了 1989 年就快速增长到 1 666.2 km<sup>2</sup>,1999 年达 1 755.7 km<sup>2</sup>。干旱区风沙流的活动主要集中于近地面 30 cm 的高度范围内<sup>[8]</sup>,而绿洲区荒草地上草本植物的高度大多大于此值。草地对当地荒漠化控制、防止水土流失方面见效快、作用明显,其作用与乔、灌木相当。草地不仅在固土改土、土壤脱盐、提高土壤肥力、涵养水源等方面具有特殊功能,而且单位面积生态耗水量低,(胡杨为 3 405 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,红柳为 2 923 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,而低地草本植物平均为 2 393 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)。保持 1 hm<sup>2</sup> 胡杨和红柳的水分消耗,可分别保留 1.41 hm<sup>2</sup> 和 1.221 hm<sup>2</sup> 的草本植物。草地的增加,一方面使非农业用地植被盖度加大,从而有效地防止了沙漠化。另一方面因其耗水量低,缓解了干旱区水资源矛盾并对维持绿洲生物多样性起到重大调节作用,使得绿洲内部得到稳定发展。

#### 4.3 荒漠与风沙危害

于田绿洲位于塔克拉玛干沙漠的南缘。在东北、西北两组风的作用下,绿洲直接遭受流沙入侵。尤其是许多农田直接毗邻沙漠,并处在下风方向,在风沙活动的影响下,常遭受沙丘入侵与风沙流打割的危害。荒漠面积的减少无疑有利于风沙危害的减轻,使绿洲内部遭受风沙危害的可能性大为降

低,绿洲得以稳定。于田县 1956-1999 年以来的大风日数、浮尘天数和沙尘暴次数大幅度减少。20 世纪 90 年代大风日数、浮尘天数仅是早期的 30%~50%。同时,极值风速下降明显,沙尘暴天数也相应下降,总体上生态环境不断改善。

#### 参考文献:

- [1] 郭怀成,戴永立,陆轶峰. 湖泊生态系统健康评价方法研究[J]. 环境科学学报, 2004, 24(4): 723-729.
- [2] Jargensen S E. A system approach to the environment analysis of pollution minimization [M]. New York: Lewis Publishers, 1999.
- [3] 邓波,洪级曾,高洪文. 草原区域可持续发展研究的新方向生态承载力[J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(5): 507-512.
- [4] 冉圣宏,陈吉宁,曾思育,等. 中国北方脆弱生态区在人类活动影响下的演化及其调控[J]. 农业环境保护, 2002, 21(5): 432-435.
- [5] 王书转,肖玲,马彩虹,等. 秦岭北麓生态承载力研究[J]. 国土与自然资源研究, 2005(4): 52-54.
- [6] 冉圣宏,曾思育,薛纪渝. 脆弱生态区适度经济开发的评价与调控[J]. 干旱区资源与环境, 2002, 16(3): 1-6.
- [7] 高吉喜. 可持续发展理论探索[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001: 22-27.
- [8] 吴正. 风沙地貌学[M]. 北京: 科学出版社, 1987.