

塔里木河上游地区阿拉尔段天然退化生态系统
植物群落物种多样性特征分析

郑奕^{1,3,4}, 刘新春², 杨金龙^{1,3,4}, 潘晓玲^{1,3,4}

(1. 新疆大学资源与环境学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐 830002;
3. 新疆绿洲生态重点实验室, 乌鲁木齐 830046; 4. 干旱半干旱区可持续发展国际中心, 乌鲁木齐 830046)

摘要: 塔里木河是我国干旱区最长的一条内陆河, 同时塔里木河流域也是我国生态环境脆弱地区之一, 总体上荒漠化日益加剧, 具体表现为土地沙漠化、土壤盐渍化、草场退化、生物多样性减少等, 这些都严重的制约了区域社会经济的可持续发展。阿拉尔灌区位于塔里木河上游, 从1950年以来, 本区垦荒规模逐渐扩大, 现已成为塔里木盆地最大的新绿洲。绿洲内部水量不断增加, 而绿洲以外的水量却在减少。根据对样地的实际调查资料, 采用物种多样性指数、丰富度和均匀度指数对塔里木河上游阿拉尔地区的天然植被的物种多样性进行了分析。结果表明, 本研究区内的植物区系组成贫乏, 群落结构简单, 绿洲—荒漠过渡带的多样性指数和丰富度指数均非常低。通过以上分析并结合实际情况, 可以得出了以下结论: 本地区天然植被生态系统在人类干扰下普遍存在退化现象, 尤其在绿洲—荒漠过渡带, 这种现象更为严重, 应立即采取有效措施对天然植被特别是过渡带的植被进行生态恢复。

关键词: 退化生态系统; 物种多样性指数; 荒漠化

中图分类号: X171.4; X176 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005)02-0131-04

Analysis on Biodiversity Characteristics of Natural Plant Community
of Degenerative Ecosystems in Upper Reaches of the Trim River, Aral

ZHENG Yi^{1,3,4}, LIU Xin-chun², YANG Jin-long^{1,3,4}, PAN Xiao-ling^{1,3,4}

(1. Resource & Environment Science College, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China;

3. Xinjiang Key Laboratory of Oasis Ecology, Urumqi 830046, China;

4. International Research Center for Sustainable Development in Arid and Semi-arid Land, Urumqi 830046, China)

Abstract: The Tarim River is the longest inland river in arid areas of China. At the same time, it is one of ecological environmental vulnerable areas. The general manifestation is that desertification is deteriorating. Idiographic exhibitions are as follows. Land desertification, soil salinization, grassland degradation, and reduction in biodiversity. All of these seriously destroyed the foundation of regional social and economic sustainable development. Located at the upper reaches of the Tarim River, Alar irrigation area is reclaimed after 1950. With the expansion of irrigation area, Alar irrigation area becomes the largest new oasis in the Tarim Basin. Water quantity has been improved within oasis, but has reduced outward oasis. Based on the inquisitional data of sampling sites, the biodiversity of the natural plant community in Aral area is analyzed by adopting diversity index, richness index and evenness index. The results show that species in this area are poorer and the configuration of community is simple. Species diversity index and richness index of oasis—desert transitional zone are very low. From the above analyses and combining with the practical situation, a conclusion is drawn that the degeneration of plant community which under the people's interference is generally exist in this area, especially in oasis—desert transitional zone. Effective measures should be taken to restore the natural plant especially in those transitional zone.

Key words: degenerative ecosystems; biodiversity; desertification

收稿日期: 2004-08-20

基金项目: 新疆维吾尔自治区科技攻关和重点科技项目(xj200302), 项目名称: 绿洲生态安全与可持续发展研究

作者简介: 郑奕(1975-), 女, 新疆大学资源与环境科学学院绿洲生态重点实验室研究生, 主要研究方向为荒漠环境生物; 通讯作者: 潘晓玲(1963-), 女, 教授, 博士生导师。

生态退化是生态系统随时间演替的一种动态过程和状态,它代表着生态系统由较高水平的稳定状态向低水平状态发展的一种方向^[1]。目前生态退化最为严重的地区主要在干旱与半干旱地区、高地、山区以及热带雨林地区。研究表明,我国干旱区生态环境正处在“局部改善、总体恶化”之中,已严重威胁了区域生态系统的生态安全,人们对环境资源过度使用和破坏使生态系统的退化已成为普遍现象。新疆塔里木河流域是典型的干旱内陆河流域,生态环境非常脆弱。近 50 年来,由于对水土资源的不合理开发利用,盲目开垦、乱砍滥伐、超载过牧等人为活动的影响,致使流域内的天然绿洲各生态系统均有不同程度的退化。退化生态系统在结构和功能方面与自然生态系统相比都发生了改变^[2],它们的物种多样性特点一直是人们感兴趣的问题,本文试图通过对塔河上游地区阿拉尔段退化生态系统类型植物群落物种多样性的研究,探讨退化生态系统物种多样性的基本特征。

1 研究区概况

1.1 环境概况

塔河上游区由肖夹克到过境点(阿克苏地区与巴州分界处),行政区域属阿克苏地区范围,河道全长 496 km,是整个塔河流域农业发展最具潜力的地区^[3]。区内可划分为两段,阿拉尔段和沙雅至库车段。研究区为阿拉尔段。阿拉尔位于塔里木盆地西北边缘地域,居阿克苏河下游,塔河上游,整个地区呈东西走向,东西长 174 km,南北宽 132 km。由于深居内陆,地形封闭,大气环流很难进入,形成了典型的干旱少雨、蒸发强烈的暖温带大陆性气候。平原区年平均气温 9.8℃,降水量为 42~76 mm,蒸发量为 1 900~2 800 mm,降水量集中在夏季;约占全年降水量的 50% 左右。山区降水量较丰沛,海拔 1 800 m 的山区,年降水量可达 220 mm 左右。降水的时空分布很不均匀,山区丰富的降水成为地表水的来源和地下水的主要补给源^[4]。平原地区的植物需水主要靠由河水补给的地下水。阿拉尔垦区在开垦前地下水位为 3~7 m,但开垦成绿洲后,区域获得的水量成倍增加,地下水位也上升为 1~3 m。阿拉尔地区在 50 年代初期靠从河流直接引水,灌溉用水量不多。随着修建引水渠系和灌溉渠系,将大量河水引入农区,增加了地表水量,并且从 1993 年以后,开荒扩大耕地的速度加快,至今已成为塔里木盆地最大的新绿洲,由河道引入灌区的水,除少量流回河道以外,大部通过水面、土壤蒸发和植被蒸腾消耗掉。随着灌溉洪水的补给,地下水侧向排水增加,有不少地方因排水条件不畅,地下水位上升后,促使土壤发生盐渍化和沼泽化^[5]。由于人工绿洲面积扩大,引用河流水流量增多,使绿洲外部的土壤缺水严重,地表植被覆盖率大为降低,表面土壤干燥、松散,遇到有风的天气就易产生浮尘^[6]。

1.2 植被概况

人工绿洲面积增加,天然绿洲面积就会自然减少,天然胡杨林和红柳灌丛面积一直持续减少,荒漠化草场和草甸草场交替变化,总趋势也是在减少。阿拉尔地区天然植被种类较为贫乏,覆盖度低,景观破碎度较大。植被种类组成以杨柳

科、柽柳科、禾本科、菊科、藜科植物为主,最具代表性的植物有胡杨(*Populus euphratica*)、柽柳(*Tamarix* spp.)、芦苇(*Phragmites communis*)、罗布麻(*Poacynumhendersonii*)、骆驼刺(*Alhagisp.*)等,构成了乔木、灌木和草本植物群落。其中,草本植物主要有芦苇、甘草、罗布麻、骆驼刺、猪毛菜等,灌木主要为柽柳、铃铛刺、盐穗木、黑刺等,区内的乔木主要是胡杨。

2 研究方法

2.1 样地选择及取样

根据塔里木河上游植物群落的结构特征,沿上游河段垂直布设了 3 条样带,选择具有代表性的典型样方 35 个,乔木、灌木群落为 5~10 m 的样方,草本群落为 2~5 m 的样方。分别测定乔、灌木样方中的乔木、灌木的种类、数量、株高、冠幅、盖度等指标;草本样方中的草本植物的种类、个体数目、盖度等。同时记录了每个样方的海拔高度、经纬度、各样地的地下水埋深及取土样以供分析。

2.2 数据整理

通过对各样方野外原始数据的统计分类,共得到植物种类 29 种,本文选择出现频率较高的 16 种植物进行分析研究,如表 1 所示。

表 1 新疆塔里木河上游 16 种主要植物列表

编号	种名	编号	种名
1	胡杨 <i>Populus euphratica</i>	9	罗布麻 <i>Apocynum venetum</i>
2	柽柳 <i>Tamarix ramosissima</i>	10	芦苇 <i>Phragmites communis</i>
3	沙拐枣 <i>Calligonum mongolicum</i>	11	甘草 <i>Glycyrrhiza inflata</i>
4	黑果枸杞 <i>Lycium ruthenicum</i>	12	花花柴 <i>Karlinia caspica</i>
5	铃铛刺 <i>Halimodendron halodendron</i>	13	针茅 <i>Stipa capillata</i> L.
6	梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	14	盐穗木 <i>Halostachys caspica</i>
7	盐爪爪 <i>Kalidium foliatum</i>	15	猪毛菜 <i>Salsola</i>
8	骆驼刺 <i>Alhagi sparsifolia</i>	16	蒲公英 <i>Taraxacum</i> L.

塔河上游天然植被生态系统的组成,除乔木层为胡杨外,灌木层以柽柳属、铃铛刺属、枸杞属、白刺属等荒漠成分的种类所组成;草本层主要是由骆驼刺属、芦苇属、甘草属、罗布麻属等荒漠化草甸或盐渍化草甸的多年生植物种类所组成,因分布区域的地形地貌、水分状况、盐分条件以及植物生长发育和演替过程不同而形成各类型群落间在植物种类组成和群落结构上的差异。在水平结构上,受上述因素的影响,塔里木河流域以胡杨、柽柳等为代表的荒漠植被,在源流区及干流区有一定的差异性,在干流的上中下游其生境、类型、特征及分布规律有着较大的差异;愈向河流的下游,群落及生态系统的结构愈趋向简单。在一定空间地域上,群落及生态系统又以主河道为对称,向河流两岸呈近似阶梯状分布^[7]。

本文通过对 35 个样地进行等级制划分,将调查到的植被划分为 15 个群落,如表 2 所示。

群落类型的不同,主要表现在群落组成结构水平的差异,即群落组成种的数量、个体总数、空间配置的不同,形成了不同的结构格局,其多样性也不同^[8]。

2.3 物种多样性测度方法

关于群落物种多样性的测度,有许多不同的各有特点的方

法, 本文选用在各学者的文献中使用较多的以下几种指数。

(1) 物种丰富度指数。物种丰富度指数是对一个群落中所有实际物种数目的测量(R)。

表 2 新疆塔里木河上游天然植被类型	
落叶阔叶林	
① 胡杨林(Form. <i>Populus euphratica</i>)	
(1) 芦苇胡杨林 (Ass. <i>Phragmites communis</i> , <i>Populus euphratica</i>) (样地 17)	
(2) 红柳胡杨林 (Ass. <i>Tamarix ramosissima</i> - <i>Populus euphratica</i>) (样地 3, 30, 32)	
(3) 甘草胡杨林 (Ass. <i>Glycyrrhiza inflata</i> - <i>Populus euphratica</i>) (样地 20, 31)	
灌丛与灌草丛	
① 柽柳灌丛(Form. <i>Tamarix ramosissima</i>)	
(1) 柽柳针茅群落(Ass. <i>Tamarix ramosissima</i> , <i>Stipa capillata</i> L.) (样地 1, 2, 26)	
(2) 柽柳铃铛刺群落(Ass. <i>Tamarix ramosissima</i> , <i>Halimolobos halimifolia</i>) (样地 5, 14, 28)	
(3) 柽柳芦苇群落(Ass. <i>Tamarix ramosissima</i> - <i>Phragmites communis</i>) (样地 11, 12, 13, 16, 19, 23, 27, 33)	
(4) 柽柳甘草群落(Ass. <i>Tamarix ramosissima</i> , <i>Glycyrrhiza inflata</i>) (样地 15, 22)	
(5) 柽柳沙拐枣群落(Ass. <i>Tamarix ramosissima</i> , <i>Calligonum mongolicum</i>) (样地 34, 35)	
(6) 柽柳盐爪爪群落(Ass. <i>Tamarix ramosissima</i> , <i>Kalidium foliatum</i>) (样地 24)	
(7) 柽柳罗布麻群落(Ass. <i>Tamarix ramosissima</i> , <i>Apocynum venetum</i>) (样地 4, 29)	
(8) 柽柳骆驼刺群落 (Ass. <i>Tamarix ramosissima</i> , <i>Alhagi sparsifolia</i>) (样地 25)	
④梭梭灌丛(Form. <i>Haloxylon ammodendron</i>)	
(1) 梭梭盐爪爪群落(Ass. <i>Haloxylon ammodendron</i> , <i>Kalidium foliatum</i>) (样地 6, 7, 8)	
草甸 Meadow	
① 盐生草甸	
(1) 芦苇骆驼刺群落(Ass. <i>Phragmites communis</i> - <i>Alhagi sparsifolia</i>) (样地 9, 10)	
(2) 盐穗木猪毛菜群落(Ass. <i>Halostachys caspica</i> - <i>Salsola</i>) (样地 18)	
(3) 甘草罗布麻群落(Ass. <i>Glycyrrhiza inflata</i> , <i>Apocynum venetum</i>) (样地 21)	

$$R = S$$
式中: S —— 出现在样方中的物种数目。

(2) Shannon- Wiener 指数(H'): 计算公式表明, 群落中生物种类增多代表了群落的复杂程度增高, 即 H' 值越大, 群落所含的信息量越大。

$$H' = - \sum_{i=1}^n n_i / N \lg(n_i / N) = - \sum_{i=1}^n p_i \lg(p_i)$$
式中: n_i —— 第 i 个种的个体数目, N —— 群落中所有种的个体总数。 p_i —— 表明第 i 个种的相对多度, $p_i = n_i / N^{[9]}$ 。

(3) Simpson 指数(D'): 该指数通常用来表示优势度集中于一个或几个植物种类的程度。通常用 Simpson 优势度指标测定各群落的生态优势度。

$$D' = 1 / \sum_{i=1}^S p_i^2$$
式中: p_i 同上。

(4) 物种均匀度指数(J_{sw}): 采用 Pielou 均匀度指数, 实测多样性(H') 与最大多样性(H'_{max}) 之间的比率。

$$J_{sw} = H' / \ln S \text{ 即 } J_{sw} = (- \sum_{i=1}^S n_i / N \lg(n_i / N)) / \ln S$$
式中: S —— 群落物种数。

所有数据通过统计软件进行分析计算。

3 结果与讨论

表 3 为 35 个样方中出现的 15 种群落的物种多样性指数。

物种多样性指数、生态优势度和群落均匀度是反映群落组成结构特征的定量指标^[10]。均匀度反映各群落中物种个

体分布的均匀程度。通常认为, 具有单优和寡优势种的群落其均匀度较低, 而多优或优势不明显的群落均匀度较大^[11]。生态优势度是群落水平的综合数值, 反应各个种群在群落中的地位, 表达群落的组成结构特征^[12]。较高的生态优势度(D')反映了群落的优势种较为突出。

表 3 新疆塔里木河上游地区 35 个样地中不同植物群落多样性指数列表						
群落类型	样地数	丰富度	Shannon- Wiener 指数	Simpson 指数	物种均 匀度指数	
芦苇胡杨林	1	3.00	0.18	0.22	0.17	
红柳胡杨林	3	3.33	0.24	0.32	0.27	
甘草胡杨林	2	3.00	0.41	0.55	0.39	
柽柳针茅群落	3	3.00	0.36	0.45	0.27	
柽柳铃铛刺群落	3	5.67	0.58	0.67	0.36	
柽柳芦苇群落	8	3.75	0.23	0.30	0.19	
柽柳甘草群落	2	4.00	0.50	0.64	0.37	
柽柳沙拐枣群落	2	3.50	0.40	0.57	0.40	
柽柳盐爪爪群落	1	2.00	0.18	0.25	0.26	
柽柳罗布麻群落	2	5.00	0.62	0.73	0.39	
柽柳骆驼刺群落	1	3.00	0.28	0.37	0.25	
梭梭盐爪爪群落	3	3.00	0.38	0.45	0.27	
芦苇骆驼刺群落	2	2.50	0.19	0.26	0.23	
盐穗木猪毛菜群落	1	5.00	0.54	0.68	0.39	
甘草罗布麻群落	1	6.00	0.61	0.72	0.31	

通过统计分析可以看出, 本研究区内的植物区系组成贫乏, 群落结构简单。在水分条件较好的地方, 有成片的胡杨、灰杨(多为人工林)分布, 同时铃铛刺、柽柳、麻黄等在林间集结成丛, 一些耐盐碱的地面芽及一年生植物散布其间。在本地区的一年生植物中, 短生长期的植物较少, 多数属于冬枯性一年生植物, 典型的短生植物几乎不存在。这是因为本区降水量稀少, 且水条件极不稳定, 有限的降水多出现于炎热夏季, 很难有效供应植物着床萌发, 只有存在地表径流区才可以形成群聚, 故多数植物随水而荣, 水去而枯^[13]。通过物种丰富度指数可以看出随着与河道间的距离增加, 土壤含水量下降, 盐碱度增加, 地下水位下降, 植物群落类型在发生着变化, 群落的丰富度也随之减小。在河岸边水分条件较好的地方, 主要分布着柽柳胡杨群落、柽柳针茅群落、柽柳罗布麻群落、甘草罗布麻群落、柽柳铃铛刺群落和柽柳甘草群落。这些群落较高的优势度说明了乔木中胡杨林占优势, 但天然胡杨林多为疏林。灌木层则是柽柳占绝对优势, 尤其在河漫滩地段, 洪水季节, 柽柳幼苗遍布, 洪水一退, 则很多幼苗因根系尚未发育完全, 无法吸收地下水而分而枯死。在柽柳灌丛中或分布着盖度很大的铃铛刺, 但铃铛刺的数目远不及柽柳。草本层主要是由骆驼刺属、芦苇属、甘草属、罗布麻属等荒漠化草甸或盐渍化草甸的多年生植物种类所组成。距河较近的群落其 Shannon- Wiener 指数普遍较高, 这表明了由于河岸边水分条件好, 土壤盐渍化程度较低, 群落的种类较多, 复杂程度较高。

在离河岸较远与沙漠接缘的绿洲- 荒漠过渡地带的群落类型很少, 主要为梭梭盐爪爪群落和柽柳骆驼刺群落, 其 R 、 H' 值都很小, 说明这类群落的植物种类极为贫乏, 群落复

杂程度低,结构脆弱,这与实际情况也是相符的。根据景观生态学的边缘效应原理,过渡带因位于多个缀块交界处,受各缀块的影响而表现出较高的物种丰富度和初级生产力。而在本地区,我们看到位于过渡带的植物群落其物种多样性反而比其缀块内部的要小,这可能是由于过渡带更易遭受放牧等人类干扰,使得一些适牧物种如花花草草的减少而造成的。过渡带植物的极度退化对绿洲是个很大的威胁,一些研究结果表明,绿洲—荒漠过渡带,因水源等环境条件的差异,存在着较强的“生态梯度”,极易受水源变化的干扰而发生变化,在一定的水源条件下,人类水土资源利用等活动和自然营力对过渡带植被生态因子的改变,使得该地段不可避免地发生植物群落逆向演替、土地荒漠化现象^[14]。

从80年代以来,阿拉尔地区的胡杨林地(包括疏林地)和柽柳灌丛面积一直持续减少,荒漠化草场和草甸草场交替变化,但总趋势也是在减少。这些植被面积的减少主要是土地开发,耕地面积增加造成的^[15]。另一方面,由于水资源利用不合理,地下水位上升导致的土壤盐渍化也是本地区普遍发生的现象。对于绿洲—荒漠交错带而言,开荒后的土壤,因为管理上的不合理,土壤肥力严重下降,发生盐碱化而被迫撂荒亦普遍存在。由于原有植被已遭破坏,土壤结构也因盐碱化而恶化,很难再有新的植被重新生长,成为新的风沙源,加剧了自然环境的恶化^[14]。因此,进行天然植被的生态恢复刻不容缓。

4 讨 论

干旱半干旱地区天然植被,不仅具有调节其本身生存空

间的功能,而且具有总体环境变化指示的功能^[16]。通过本文的分析,我们可以看出,在本研究区内随着人工绿洲向天然绿洲的扩张,天然植被生态系统普遍存在退化现象,而这种现象在绿洲—荒漠交错带则更为严重,过渡带的天然植被生态系统极其脆弱,植被覆盖度低,降低了抵抗风蚀和水蚀的能力,已渐渐成为人工绿洲的新的风沙源。绿洲失去天然保护屏障,其安全受到威胁。同时,天然植被减少也降低了生态系统的自我调节能力,使区域生态环境有可能向更干旱和更不稳定方向发展。另外,由于塔里木河干流上游的过度开垦,也直接造成了中下游地区来水量减少、塔里木河断流,昔日的下游的绿色走廊不复存在,严重的威胁着当地人民的生活。

有研究表明,植被盖度在8%~22%之间时,返照率的改变对植被的影响最为敏感,由于其不稳定性,只要稍一改变返照率和气孔阻力,生态系统的平衡就会打破,失去稳定的系统就会向绿洲化或荒漠化两个相反的方向发展。因此,这正是进行调控或人工干预绿洲的切入点,而这样的植被覆盖度区域正是遭受人为破坏后的绿洲—荒漠过渡带^[17]。因此,为保护干旱区群众赖以生存的绿洲,应立即停止毁林、毁草开荒、滥挖、滥采甘草等天然植物以及滥用水资源的行为,采取积极有效的措施对天然植被尤其是过渡带的植被进行生态恢复,利用生物工程提高作物对水的利用,从而提高单位水的产出率。从减轻土地承载力,种养结合高效益利用土地方面着手,从根本上解决荒漠化治理中存在的问题。利用高新技术和先进的管理模式将传统农业、均衡发展转变为高效农业、重点发展,并向农业工业化方向发展;最终实现区域生态、经济、社会的可持续发展^[18]。

参考文献:

- [1] 章家恩,徐琪.生态系统退化的动力学解释及其定量表达探讨[J].地理科学进展,2003,22(3):251-259.
- [2] 贺金生,陈伟烈,江明喜,等.长江三峡地区退化生态系统植物群落物种多样性特征[J].生态学报,1998,18(4):399-407.
- [3] 樊自立.塔里木河流域资源环境及可持续发展[M].北京:科学出版社,1998.36-37.
- [4] 叶含春,陈国新.阿克苏地区地下水资源及其合理开发利用[J].塔里木农垦大学学报,2000,12(3):64-67.
- [5] 李新,杨德刚.塔里木河上游水资源利用效率分析[J].干旱区研究,2002,19(1):23-26.
- [6] 李新,樊自立,季方.中国干旱区水量转化特征及其对环境的影响分析[J].干旱区地理,1999,22(2):1-7.
- [7] 王让会,王晓伟,游先祥,等.荒漠河岸林生态系统的结构分析[J].干旱区研究,2002,19(2):7-11.
- [8] 李新荣,张新时.鄂尔多斯高原荒漠化草原与草原化荒漠灌木类群生物多样性的研究[J].应用生态学报,1999,10(6):665-669.
- [9] 李博.生态学[M].北京:高等教育出版社,2000.345-347.
- [10] 李清河,杨立文,周金星.北京九龙山植物群落物种多样性特征对比分析[J].应用生态学报,2002,13(9):1065-1068.
- [11] 江小蕾,张卫国,杨振宇,等.不同干扰类型对高寒草甸群落结构和植物多样性的影响[J].西北植物学报,2003,23(9):1479-1485.
- [12] 吴泽民,何云核,孙启祥.安徽长江滩地农林复合系统草本植物群落特征研究[J].安徽农业大学学报,2001,28(1):27-31.
- [13] 潘晓玲.塔里木盆地植物区系的研究[J].新疆大学学报(自然科学版),1994,11(4):77-83.
- [14] 唐立松,张佳宝,程心俊,等.干旱区绿洲荒漠交错带土地退化及生态重建[J].干旱区研究,2002,19(3):43-48.
- [15] 赵虎,晏磊,季方.塔里木河干流上游土地利用动态变化研究[J].干旱区资源与环境,2001,15(4):40-43.
- [16] 周永斌,殷有,罗东明,等.论干旱半干旱地区植被恢复的限制因素及调控措施[J].辽宁林业科技,2001,(3):20-22.
- [17] 潘晓玲.干旱区绿洲生态系统动态稳定性的初步研究[J].第四纪研究,2001,21(4):345-351.
- [18] 许英勤,胡玉昆,马彦华.塔里木河中下游区域开发对生态环境的影响及生态环境恢复与重建对策——以尉犁县为例[J].干旱区地理,2001,24(4):342-346.