

塔克拉玛干沙漠南缘自然植被的水分状况及其恢复

李小明¹, 张希明²

(1. 山东大学环境科学与工程学院, 济南 250100; 2. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘要:塔克拉玛干沙漠南缘(以下简称塔南)是我国土地沙漠化最严重的地区之一,其主要原因是因为塔南绿洲边缘的自然植被遭到严重破坏。自然植被的恢复有赖于对主要植被类型生物学特性的了解,于 1998~2001 年在位于塔南策勒绿洲边缘进行的中国-欧盟合作研究项目(ERBIC18CT980275),目的是探索塔南绿洲边缘自然植被可持续管理的生态学基础。通过对几种优势植物叶片(或同化枝)水分关系、气体交换、以及群落特性等方面的综合研究,得出了以下结论:(1)塔南绿洲边缘的自然植被皆为隐域性植被,主要优势种为:胡杨、柽柳、骆驼刺以及少量的灰杨,这种植物是依靠河流的地表水而发生,依靠河流地下水补给而生存;(2)由于缺乏充分的地表水的补给,现存的自然植被几乎不能实现自然更新;完全破坏后的自然植被已无自然恢复的可能性,必须使用人工辅助方法进行恢复;(3)塔南绿洲边缘主要优势植物叶片(或同化枝)清晨水势和气体交换研究结果表明,依赖地下水生存的几种植物在整个生长季节没有发生严重的水分胁迫,保护和恢复绿洲边缘自然植被的必要条件是保持地下水位的相对稳定,禁止对地下水的过度开采。
关键词:塔克拉玛干沙漠;自然植被;恢复;水分关系;气体交换

Water condition and restoration of natural vegetation in the southern margin of the Taklimakan Desert

LI Xiao-Ming¹, ZHANG Xi-Ming² (1. School of Environmental Science and Engineering, Shandong University, Ji'nan 250100, China; 2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(7): 1449~1453.

Abstract: The Southern margin of the Taklimakan Desert is one of the most severe desertification areas in China. The major reason is that the natural vegetation there has been seriously destroyed by human activity. The restoration of natural vegetation depends on the understanding of biological characteristics of the natural vegetation. A China-EU joint project (ERBIC18CT980275, 1998~2001) was carried out to find an ecological basis for sustainable management of natural vegetation in the southern margin of the Taklimakan Desert. The water relations, gas exchange and community features of several dominant plant species were studied. The results indicated: (1) The natural vegetation in the southern margin of the Taklimakan Desert belongs to intrazonal vegetation, which appeared with river flooding, and lives on the

基金项目:中国-欧盟合作研究资助项目(ERBIC18CT980275);国家自然科学基金资助项目(38970154)

收稿日期:2003-02-25; **修订日期:**2003-04-28

作者简介:李小明(1956~),男,河南禹县人,博士,教授,主要从事荒漠植物生理生态学和荒漠生态系统研究。E-mail: lxming@sdu.edu.cn

* **通信作者** Author for correspondence, E-mail: wema@fudan.edu.cn

Foundation item: European-Chinese INCO-DC Project (ERBIC18CT980275); National Natural Science Foundation of China (No. 38970154)

Received date: 2003-02-25; **Accepted date:** 2003-04-28

Biography: LI Xiao-Ming, Ph. D., Professor, main research field: physiological ecology of desert plant, and desert ecosystem. E-mail: lxming@sdu.edu.cn

groundwater. The dominant species are *Populus euphratica*, *Tamarix* spp., *Alhagi sparsifolia* and *Populus pruinosa*; (2) It is now impossible for the natural vegetation to be self-regenerated at the fringe of oases in the southern margin of the Taklimakan Desert because most of the water has been used for irrigating crops; (3) The results of water relations and gas exchanges of the researching dominant plants indicated that these plants did not suffer from severe water stress during the whole growing season, which showed it is necessary to maintain the relative stability of the groundwater table for protection and restoration of natural vegetation in the southern margin of the Taklimakan Desert.

Key words: Taklimakan Desert; natural vegetation; restoration; water relations; gas exchange

文章编号:1000-0933(2003)07-1449-05 中图分类号:Q143 文献标识码:A

塔克拉玛干沙漠南缘(以下简称塔南)是我国土地沙漠化最严重的地区之一,造成土地荒漠化的主要原因是绿洲边缘的自然植被被过渡砍伐、过度放牧以及农业用水剧增^[1,2]。塔南地处亚洲中部极旱荒漠区,年平均降水量仅为 30~51mm^[1],塔南自然植被几乎完全依赖来自昆仑山的冰雪融水和山区降水。自然植被的分布与地表水和地下水的分布密切相关,表现为典型的隐域分布特征^[3]。近半个世纪以来,由于塔南地区人口的剧增和对自然植被的不合理利用,致使塔南各绿洲边缘发生了严重的土地沙漠化问题,对塔南地区人类的生存和生产环境造成了严重的危害^[1,2]。

绿洲边缘的自然植被带,是保护绿洲的天然屏障。已有研究^[4,5]证明,保护和恢复绿洲边缘的自然植被,是保护和改善绿洲生态条件的最有效的手段。但是,恢复和重建绿洲边缘的自然植被,有赖于对本地自然植被中优势植物的生态学特性的深入了解,为此中国科学院新疆生态与地理研究所联合兰州大学干旱农业生态国家重点实验室和新疆社会科学院经济研究所,与德国哥丁根大学植物科学研究所、奥地利维也纳大学植物生理研究所合作在欧盟委员会的支持下,进行了题为“亚洲中部自然植被可持续管理的生态学基础”合作研究^[6]。本文提供的研究结果是本项研究的一部分。

本文的目的是:(1)探索绿洲边缘主要优势植物生长的水分来源;(2)调查研究在当前自然条件下绿洲边缘主要优势植物群落能否自然恢复;(3)现存绿洲边缘主要优势植物的生长是否受到水分胁迫。

1 材料和研究方法

1.1 研究地自然概况

研究地点位于塔南中部的策勒绿洲边缘(N 37°01', E 80°48', 1365m asl.),这里多年平均降水量为 34mm,年平均气温 11.9℃,年平均水面蒸发量 2600mm (20cm 蒸发皿),7 月份平均气温为 25.1℃,1 月份平均气温 -5.8℃。6~8 月份的地表水径流量约占全年的 70%。研究地详细的气候因子的数据在文献^[6]中已有描述,关于地表径流季节分配的数据在见文献^[7]。

策勒绿洲边缘自然分布的主要植物群落类型^[3]有:胡杨群系(Form. *Populus euphratica*);多枝桤柳群系(Form. *Tamarix ramosissima*);骆驼刺群系(Form. *Alhagi sparsifolia*),以及面积较小的灰杨群系(Form. *Populus pruinosa*)和花花柴群系(Form. *Karelinia caspica*)。在 1983 年~1988 年策勒流沙治理过程中,在策勒绿洲边缘人工种植了面积较大的沙拐枣(*Calligonum* spp.)人工群落。

1.2 研究方法

植被的调查方法是与植被制图结合进行的,采用样方、样线结合卫星照片(法国 SPOT 卫星照片,分辨率可达 15~20m)选定了 5 个永久性观测样地,即胡杨样地;桤柳样地;骆驼刺样地;沙拐枣样地和一个无植被对照样地。各样方的大小、各种利用方式和灌溉试验样方的面积在文献^[6]中已有详细描述。胡杨和桤柳观测样地的地下水位是 1999 年 4 月采用钻孔测定;骆驼刺样地的地下水位在 2002 年 6 月通过钻孔测定;沙拐枣和灰杨样地的地下水位是参照样地附近(300m 距离)水井水位的估计值。

在植物生长季节,采用压力室(PMS-60, Oregon, USA)测定各种植物木质部水势;采用 LI-6400 光合作用系统(1 万方数据
LiCor, USA)测定各种植物叶片和同化枝的光合速率和蒸腾速率;采用露点湿度计(Tru Psi, Decagon, USA)测定各种植物叶片和同化枝的水势。各种植物木质部水势、叶片和同化枝的蒸

腾速率的测定时间和方法,在文献^[8,9]中有详细描述。各种植物叶片和同化枝的光合速率、蒸腾速率、水势的测定时间和方法见文献^[10~12]。

2 结果

2.1 绿洲边缘主要优势植物的立地水分条件

策勒绿洲边缘的优势植物都是依赖地表水和地下水的补给而发育和生长的,由于塔南绿洲边缘风沙运动强烈,现在的地貌状况和不同植被类型分布区地下水位并不反映其相应植被发生时的地下水位分布状况。表1显示了策勒绿洲边缘现存植被分布、水分补给、分布区地下水埋深,以及植物自然更新情况。

表1 策勒绿洲边缘主要优势植物立地水分状况					
Table 1 The water condition of major dominant plants at the fringe of the Cele Oasis					
项目	胡杨	灰杨	柽柳	骆驼刺	沙拐枣
Item	<i>P. euphratica</i>	<i>P. pruinosa</i>	<i>Tamarix</i> spp.	<i>A. sparsifolia</i>	<i>Calligonum</i> sp.
生长状况 Growth conditions	良好 good	良好 good	良好 good	良好 good	良好 good
地下水位(m) Groundwater table	3.5~4.0	16~17	3.5~5.5	16~17	16~18
水分补给 Water suuply	地下水+地表水 flood+ groundwater	地表水+地下水? flood + groundwater ?	地下水+地表水 flood + groundwater	地下水 groundwater	地表水 flood
与地下水的关系 Relating to groundwater	根系连接地下水 roots link groundwater	根系可能连接地下水; roots may link groundwater	根系连接地下水 roots link groundwater	根系连接地下水 roots link groundwater	未知,根系连接地下水可能性不大 unknown, possibility is little for roots linking groundwater
是否有实生苗 Is there seedlings?	无 No	无 No	无 No	无 No	有,不能存活 Yes, but can't survive
自然更新状况 Regenerating condition naturally	不能自然更新 No	不能自然更新 No	不能自然更新 No	不能自然更新 No	不能自然更新 No

2.2 5种植物在不同季节的清晨叶水势

5种植物的在不同季节虽有小范围的变化,但是根据对6、8和9月份清晨叶水势的统计检验($P<0.05$),除骆驼刺外,其它4种植物的清晨叶水势的季节变化在6~8月份不显著(表2);骆驼刺、柽柳、胡杨和灰杨的叶水势在9月份有明显降低(表2)。

2.3 5种植物叶片(同化枝)水分利用效率的季节变化

5种植物叶片或同化枝的水分利用效率在6~9月份的变化差异不显著(图1, $P<0.05$, $n=60$)。虽然有些植物的水分利用效率的变异较大(图1),但是大样本数据($n=60$)的统计结果表明5种植物在不同季节的水分利用效率无显著差异。

3 讨论

荒漠植物的根系的深度的确定是个非常复杂的问题,因为在荒漠植物分布区由于地表风沙运动(风沙堆积和风蚀作用)剧烈,使得调查得到的荒漠植物根的深度有很大的偏差。秦仁昌^[13]认为胡杨不是深根性树种,主要根系分布在表土下1m以内,灰杨的生物学特性与胡杨类似。季方等^[14]研究结果表明,在塔里木河中游与河垂直的一个断面上,胡杨林幼林的

表2 5种植物清晨叶水势的季节变化

Table 2 Seasonal changes of leaf water potentials (MPa) of 5 species of plants

植物名 Species	6月 June	8月 August	9月 September
沙拐枣 ^①	-1.58±0.13 A	-1.57±0.06 A	-1.69±0.21 A
骆驼刺 ^②	-1.69±0.23 A	-1.97±0.14 B	-1.80±0.20 B
柽柳 ^③	-3.98±0.11 A	-3.91±0.18 A	-3.58±0.04 B
胡杨 ^④	-1.70±0.17 A	-1.84±0.25 A	-1.37±0.04 B
灰杨 ^⑤	-1.32±0.11 A	-1.35±0.20 A	-1.07±0.09 B

* 表中同行数字后的相同字母代表无显著差异(LSD test, $P<0.05$, $n=6$),不同字母代表差异显著 The same letter in same row represents no significant difference (LSD test, $P<0.05$, $n=6$); ① *Calligonum* spp.; ② *Alhagi sparsifolia*; ③ *Tamarix* spp.; ④ *Populus euphratica*; ⑤ *Populus pruinosa*

地下水埋深1~2m,青壮林地下水埋深 2.5~4m,衰败林地下水埋深 5~10m。张立运等^[3,15]指出,塔克拉玛干沙漠的胡杨、灰杨、骆驼刺和柽柳都是在河漫滩发生的,并且其生长状况与地下水埋深密切相关,属于典型的隐域性植被。调查结果表明(表 1),在策勒绿洲边缘的胡杨、柽柳和骆驼刺这 3 种植物的根系都与地下水相接,其植被分布区域与策勒河洪水泛滥区密切相关。因此,认为策勒绿洲边缘的胡杨、灰杨、柽柳和骆驼刺也属于典型的隐域性植被,这些植被的正常生长与地下水补给密切相关。而人工种植沙拐枣片林区域的地下水埋深为 16~18m,对生长 15a 的沙拐枣根系挖掘调查表明,在 0.3~1.5m 内是沙拐枣根系的主要分布层,但在 4.5m 处也发现了少量沙拐枣根系。目前尚无证据表明沙拐枣根系可连接地下水(16~18m 深),但是对沙拐枣片林地表下 2~10m 土壤水势的测定结果(约-1.0MPa)表明,植物是可以利用-1.0MPa 土壤水分的。关于沙拐枣根系是否连接地下水,有待于深入的研究。

策勒绿洲边缘各种自然植物群落下均未发现实生苗(表 1),说明此类植物群落的自然更新已不可能。绿洲边缘剧烈风沙运动造成地貌的变化和人类活动造成的地表水文的巨大变化是造成绿洲边缘自然植被难于自然更新的主要原因。由于实施了人工灌溉,在沙拐枣片林下可以发现实生苗,但少量的灌溉无法满足沙拐枣实生苗的生存要求,没有实生苗可以存活到第 2 年。

清晨叶水势是反映植物水分状况的一个重要生理指标,研究结果表明,策勒绿洲边缘 4 种植物 6 和 8 月份的清晨叶水势(或同化枝水势)没有发生显著差异,而在 9 月份水势有明显升高(表 2),这可能是由于 9 月份气温有所降低所致。由于 7 和 8 月份是本地区气温最高的月份,4 种植物 8 月份清晨叶水势没有明显降低说明策勒绿洲边缘的优势植物在整个生长期没有受到严重的水分胁迫,同时也说明了现在策勒绿洲边缘的自然植被的水分补给基本满足植物的生长条件。由于策勒绿洲边缘自然植被中优势植物的生长直接依赖地下水补给(表 1),如果过度开采地下水造成地下水位的下降,则会严重影响绿洲边缘植物的生长。使用压力室法和露点湿度计测定植物木质部和叶片的清晨水势时,测定数据有较大的差异,文献^[8,9]中采用压力室法测定的骆驼刺和柽柳的清晨木质部水势与本文采用的用露点湿度计测定的清晨叶片水势有较大的差异。对仪器进行了多次标定后结果依然,露点湿度计测定水势具有可靠的理论依据,仪器可以用标准盐溶液进行标定,但是压力室法一直被广泛地用于测定植物木质部水势。目前尚不能从理论上解释这种现象,也许这是荒漠植物叶片数据特性。

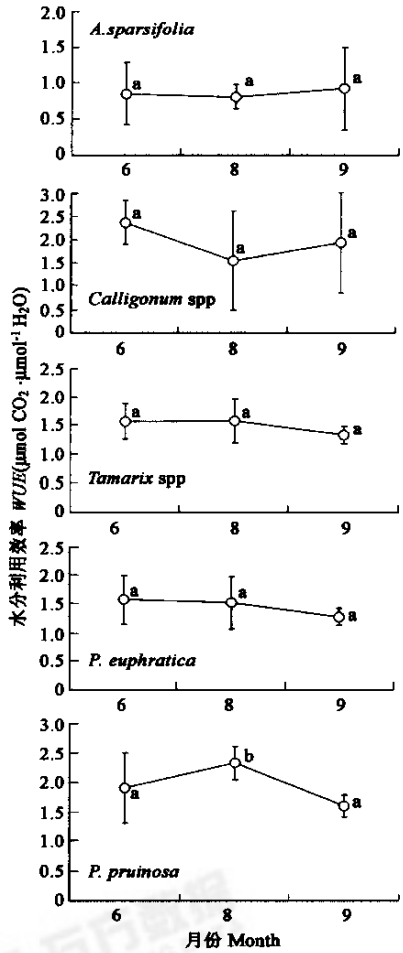


图 1 5 种植物水分利用效率(WUE)的季节变化
Fig. 1 Seasonal changes of water use efficiency (WUE) of 5 species of plants

图中每个点为当地时间 10:00~19:00 时每小时测定 1 次,每次 6 个重复(10×6)的平均值,图中小竖线表示标准误,图中相同字母代表无显著差异(LSD test, $P < 0.05$) The value is average of 60 measure (10×6), small bar denotes standard error. The same letter represents no significant difference (LSD test, $P < 0.05$)

叶片水平测定的植物叶片(或同化枝)瞬时水分利用效率的季节变化也表明,策勒绿洲边缘 5 种植物

的叶片(或同化枝)水分利用效率的季节变化没有发生显著差异(图1)。这从另一个角度说明了策勒绿洲边缘的5种植物在其生长期没有受到严重的水分胁迫,因为在水分胁迫下,荒漠植物一般会提高水分利用效率。

References:

- [1] Xia X C, Li C S, Zhou X J, *et al.* *Desertification and control of blown sand disasters in Xinjiang*, Beijing: Science Press, 1993. 101~132.
- [2] Li X M, Zhang X M. The cause of formation of land desertification in lower reaches of Cele river in past 50 years. *Arid Zone Research*, 1995, **12**(4): 17~19.
- [3] Zhang L Y, Xia Y, Anniwaer, *et al.* The ecological features and sustainable development of vegetation in the Taklimakan Desert. *Arid Zone Research*, 1995, **12**(3): 26~33.
- [4] Zhang X M. Establishment and protecting effects of controlling drifting-sand system in the fringe of Cele Oasis. *Arid Zone Research*, 1988(Supplement issue): 11~18.
- [5] Li Z W, Xia Y. The study on protecting efficiency of natural vegetation around oasis. *Arid Zone Research*, 1995, **12**(4): 20~24.
- [6] Thomas F M, Arndt S K, Bruelheide H, *et al.* Ecological basis for sustainable management of the indigenous vegetation in a Central-Asian desert: presentation and first results. *J. Appl. Bot.*, 2000, **74**: 212~219.
- [7] Li X M, Zhang X M, Wang Y, *et al.* Optimal model on sustainable management of oases ecosystem in southern margin of Taklimakan Desert. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, **11**(6): 917~922.
- [8] Li X Y, Zhang X M, Zeng F J, *et al.* Water relations on *Alhagi sparsifolia* in the southern fringe of Taklamakan Desert. *Acta Botanica Sinica*, 2002, **44**(10): 1219~1224.
- [9] Zeng F J, Andrea F, Li X Y, *et al.* A preliminary study on the effect of irrigation on water physiology of *Tamarix ramosissima* in Cele oasis. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, **13**(7): 849~853.
- [10] Li X M, Deng X, Kakubari Y. Diurnal and seasonal changes of gas exchange of long-and short-shoot leaves in *Populus alba* in the southern margin of the Taklimakan Desert. *Journal of Arid Land Studies*, 2001, **11**(3): 167~175.
- [11] Deng X, Li X M, Zhang X M, *et al.* A study of the gas exchange characteristics of four desert plants. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, **26**(5): 605~612.
- [12] Deng X, Li X M, Zhang X M, *et al.* Relationship between gas exchange of four desert plants and environmental factors in Taklamakan. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 2002, **8**(5): 445~452.
- [13] Qin R C. Investigation about *Populus euphratica* and *P. pruinosa*, In: Xinjiang investigation team of Academia Sinica and Institute of Geography of Academy of Soviet Union, Editor. *Proceedings of natural condition in Xinjiang Uygur Autonomous Region*. Beijing: Science Press, 1959. 173~200.
- [14] Ji F, Ma Y J, Fan Z L. Soil water regime in *Populus euphratica* forest on the Tarim River alluvial plain. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, **26**(1): 17~21.
- [15] Zhang LY, Maimaiti, Anniwaer, *et al.* The response to morphological characteristics and community structures of *Alhagi* under summer irrigation. *Arid Zone Research*, 1995, **12**(4): 34~40.

参考文献:

- [2] 李小明, 张希明. 策勒河下游绿洲近五十年来土地沙漠化成因. 干旱区研究, 1995, **12**(4): 17~19.
- [3] 张立运, 夏阳, 安尼瓦尔, 等. 塔克拉玛干沙漠植被的生态学特征和持续发展. 干旱区研究, 1995, **12**(3): 26~33.
- [4] 张希明. 策勒绿洲边缘防沙体系的建立及防护效益. 干旱区研究, 1988, (增刊): 11~18.
- [5] 李振武, 夏阳. 策勒外围植被防护效益的研究. 干旱区研究, 1995, **12**(4): 20~24.
- [7] 李小明, 张希明, 王元, 等. 塔南绿洲生态系统持续发展近期优化模式, 应用生态学报, 2000, **11**(6): 917~922.
- [9] 曾凡江, 李向义, 张希明, 等. 策勒绿洲多枝桠柳灌溉前后水分生理指标变化的初步研究, 应用生态学报. 2002, **13**(7): 849~853.
- [11] 邓雄, 李小明, 张希明, 等. 4种荒漠植物气体交换的研究. 植物生态学报, 2002, **26**(5): 605~612.
- [12] 邓雄, 李小明, 张希明, 等. 塔克拉玛干4种荒漠植物气体交换与环境因子的关系初探. 应用与环境生物学, 2002, **8**(5): 445~452.
- [13] 秦仁昌. 关于胡杨和灰杨的一些问题, 新疆维吾尔自治区自然条件论文集. 北京: 科学出版社, 1959. 173~200.
- [14] 季方, 马英杰, 樊自立. 塔里木河冲积平原胡杨林的土壤水分状况研究, 植物生态学报, 2001, **26**(1): 17~21.
- [15] 张立运, 买买提, 安尼瓦尔, 等. 夏季灌溉对骆驼刺形态学特征、群落生态结构的影响. 干旱区研究, 1995, **12**(4): 34~40.