

塔里木河下游生态输水对植被和地下水位的 影响

徐海量,陈亚宁,杨戈(中国科学院新疆生态与地理研究所,乌鲁木齐 830011, E-mail: xuhaili001@sohu.com)

摘要:由于近 50a 来人类不合理的资源开发,造成塔里木河下游的生态环境问题日趋严峻.为拯救下游绿色走廊和改善下游环境,于 2000 年 7 月始,实施了塔里木河下游应急生态输水工程,水流到达台特玛湖.本文根据 2a 来在塔里木河下游的监测结果,通过对下游天然植被的一些生态指标的变化和输水后地下水位变化等资料进行对比分析,发现随着输水工程的进行,距输水河道一定范围内地下水位升高明显.相应地,下游植被的生态响应也很显著,沿河岸许多草本植被又重新出现,而一些耐旱乔、灌木随着生境的改变,长势也出现明显好转,主要表现在植被盖度、植物多样性指数和丰富度指数的提高以及胡杨冠幅的加大.同时,研究结果表明,截止 2002 年 9 月,在塔里木河下游中段,生态输水对地下水影响范围为 800 m,天然植被恢复的范围为 700 m.由于环境条件的差异,在不同区段的影响范围不一样,总体上表现为由上而下逐步递减的趋势.

关键词:生态输水;塔里木河下游;植被;地下水位;干旱区生态环境

中图分类号:X171.4 文献标识码:A 文章编号:0250-3301(2003)04-05-0018

Effect of Translating Water on Vegetation at the Lower Reaches of Tarim River

Xu Hailiang, Chen Yaning, Yang Ge(Xinjiang Institute of Ecology and Geography Research, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China E-mail: xuhaili001@sohu.com)

Abstract: Due to human irrational resource exploit in recent 50 years, many environment problems have appeared at the lower reaches of Tarim River, the environment degradation of this region became seriously. In order to restore green corridor and improve the environment at the lower reaches of Tarim River, the project of transporting water to the lower reaches of Tarim River was carried out from June 14, 2000 and the water reached Taitema lake finally. After two years' monitoring and analyzing in this region, it was found that the ground water level went up and much extremely degraded vegetation was restored. Some xerophytic arbor and bush restored obviously with the change of habitat. Correspondingly, the groundwater level, vegetation coverage, diversity of biology, the species richness and crown of *Populus euphratica* all changed. By the end of September 2002, the result showed that the respond range of the ground water level was 800 m from the river, and the respond range of vegetation was not beyond 700 m at the middle part of lower reaches of Tarim River. Due to the different environmental factors in different parts at the lower reaches of Tarim River, the response range changed accordingly. In general, the respond range became smaller and smaller from the upriver part to downstream part.

Key words: ecological translating water; the Lower Reaches of Tarim River; vegetation; ground water level; dry ecological environment

作为我国干旱内陆河流域环境退化的典型代表,塔里木河下游的环境问题历来是广大环境工作者关注的焦点.为此,许多专家、学者对其退化的过程和退化的原因进行了详尽的分析^[1~3].但均未涉及人为生态输水对下游环境的积极影响.本文以生态输水后塔里木河下游

天然植被的响应范围为出发点,就生态输水的影响进行了分析.

基金项目:国家自然科学基金重点项目(90102007);中国科学院知识创新项目(KZCX1-08-03-02)

作者简介:徐海量(1971~),男,博士研究生,主要研究方向为干旱区生态环境研究.

收稿日期:2002-10-05;修订日期:2003-01-02

1 塔里木河下游环境概况

塔里木河下游主要位于罗布泊微弱拗陷区,构造稳定,第四纪沉积物厚约 350 m.沉积物以粘土质的河、湖相沉积为主.地形平坦,微向东倾斜,坡度 3 ‰左右.河岸两侧主要由细沙和粉沙组成,抗冲蚀强度弱,造成河床极易改道.该区土壤主要为草甸土、吐加依土(胡杨林土)、风沙土等,一般透气、透水性好.该区气候干旱,年平均降水量仅为 20 ~ 50 mm,年平均蒸发量(潜势)却高达 2500 ~ 3000 mm,属极端干旱区.因此降水对植被生长的作用不大,而水文地质条件却是影响植被类型和植被分布的主要因素^[4~6].

2 输水前植被的基本状况

自 1972 年,塔里木河下游大西海子水库建成起,其下游开始断流,地下水位大幅下降,由地下水维系的自然植被群落出现了严重退化.据统计^[7,8],该地区的胡杨林面积由 20 世纪 50 年代的 $5.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 减少到 90 年代的 $0.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$.随干旱程度的加剧及荒漠化进程的加剧,种群结构也在发生变化,首先是草本植被的退化,如甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)、罗布麻(*Apocynum venetum*)、骆驼刺(*Alhagi psuedalhagi*)、芦苇(*Phragmites communis*)等都大片死亡,只有一些耐旱性极强的灌木如怪柳(*Tamarix chinensis*)等生长在垂死状态下.从植被退化的特点看:优势种群年龄结构趋向老化,老龄个体占绝对多数,中幼龄个体很少,更新能力几乎丧失.同时,生物多样性指数下降,种类单一,植被盖度变小,一般只有 2 %左右.胡杨(*Populus euphratica*)冠幅变小,枯梢、枯枝、枯株明显增加^[9].从植被的分布看:表现为分布的不连续性.由于流水地貌被风蚀地貌取代,地表植被尤其是灌木和草本植被的分布与距离河道远近已不存在明显的相关关系.从植被群落类型看:由河岸胡杨林、盐化草甸及盐柴类灌木向仅残存个别植株的荒漠过度,以至出现大片裸地和沙地,表明该地区的植被正在逐步退化乃至消亡^[10,11].

3 生态输水及植被调查

为了抑制塔里木河下游生态环境退化和拯救濒临灭绝的下游植被,于 2000 年 7 月开始了塔里木河下游应急生态输水工程,已向该地区输水 4 次:累积放水 325 d,输水量分别是: $0.99 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $2.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $1.84 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $1.97 \times 10^8 \text{ m}^3$;持续天数依次为:61 d、104 d、97 d 和 67 d.于第 4 次输水实现了水流进入台特玛湖,使台特玛湖在干涸近 30 年后重新得到水的滋润.

由于水流流经的距离、过水时间不同,植被分布的差异以及地质、地形、土壤等条件的差别,不同地域的植被对输水的响应也不同.本文以 4 次水流都流经的距大西海子约 25 ~ 85 km 的典型河段为研究对象,该区在地理位置上属于塔里木河下游的中段,植被群落类型为荒漠河岸林.并于输水前后(2000 年 7 月和 2002 年 8 月),参照生态学理论^[12],对该段的植被盖度、植被多样性指数、植被丰富度指数等植被指标进行调查和分析计算,并结合 2a 多的地下水观测资料就生态输水对植被的影响进行分析.

4 生态输水后植被的变化

随着第 1 次放水,沿河岸许多草本植被得以重新出现,一些草本植物像甘草、骆驼刺、罗布麻、芦苇、猪毛菜(*Salsol collina*)、鹿角草(*Pyrola rotundi folia*)和花花柴等又重新成片地出现在塔里木河下游的一些地区.而一些耐旱乔、灌木随着地下水位升至其生长适宜水位,长势也得以恢复,其主要表现在植被盖度、胡杨冠幅、植被多样性指数和植被丰富度指数^[13]在不同距离上出现明显的梯度变化(见图 1 ~ 图 4).

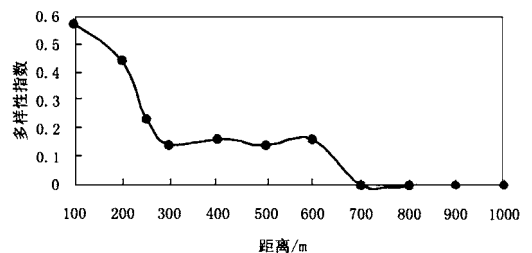


图 1 输水对塔里木河下游植物多样性指数的影响

Fig.1 Effect of translating water on vegetation diversity at the lower reach of Tarim river

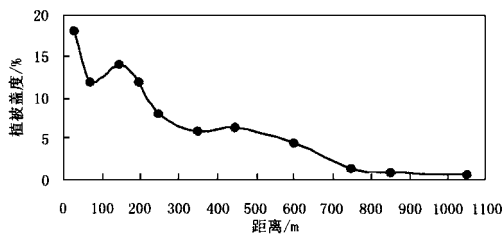


图 2 输水对塔里木河下游植被盖度的影响

Fig.2 Effect of translating water on vegetation coverage at the lower reach of Tarim river

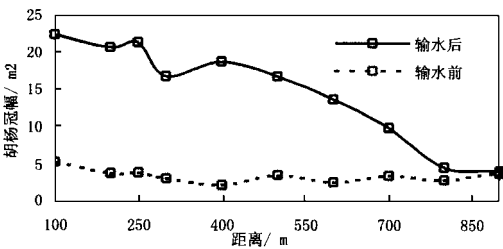


图 3 输水对塔里木河下游胡杨冠幅的影响

Fig.3 Effect of translating water on *Populus euphratica* crown at the lower reach of Tarim river

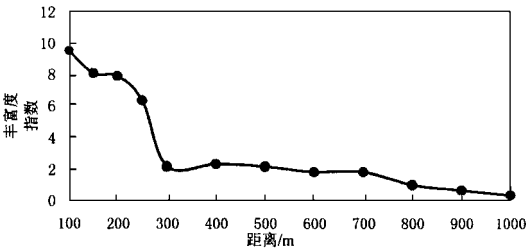


图 4 输水对塔里木河下游植被丰富度指数的影响

Fig.4 Effect of translating water on vegetation richness at the lower reach of Tarim river

图 1 ~ 图 4 是塔里木河下游中段进行植被调查做出的,从输水后植被的盖度、多样性指数、胡杨冠幅等生态指标的变化看,整体上均有一个明显的梯度变化.例如:植被生物多样性指数从图 1 上看可以表现出在 0 ~ 250 m,300 ~ 600 m,和大于 700 m 3 个阶梯状下降趋势,其中在 0 ~ 250 m 范围内变化最明显.植被多样性指数随距离的增加而减少,说明距水源的远近对植物多样性指数的影响是非常显著的.在 300 ~ 600 m 范围内,多样性指数基本在 0.2 左右,近似成一条直线排列,该段植物多样性指数变化与距输水河道远近的关系不明显;到 700 m

以外,生物多样性指数维持在 0.01 ~ 0.005 水平上,这一趋势一直保持到距输水河道 5 ~ 15 km 以上,呈现出输水前原始的植被景观.因此,可以认为在该段输水对天然植被的影响范围不超过 700 m.同样,这一变化趋势在植被盖度、植被丰富度指数及胡杨冠幅等生态指标的变化上也基本类似.

5 生态输水后天然植被变化的原因分析

由于塔里木河下游特殊的干旱环境,天然植被生长所需的水分主要依靠地下水的补给,地下水是该地区天然植被维持生命活动和延续的最主要、最根本的来源^[14].只有当地下水位在合适的范围时,植被才能得到正常生长的水分补给.由于生态输水,在距河道一定范围内的地下水位出现了显著的升高(见图 5).

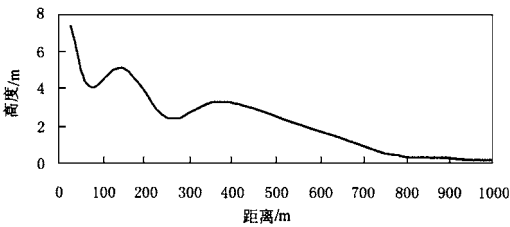


图 5 塔里木河下游距河不同距离地下水位抬升高度

Fig.5 The height of the groundwater rising in different distance at the lower reach of Tarim River

图 5 是 2002 年 9 月监测的塔里木河下游中段地下水位在原基础上的抬升高度.从图上看,输水后在一定范围内的地下水位随距离呈波浪状走势.通过分析认为:一方面因为河岸附近土壤的成土母质有沉积母质和风积母质之分,沉积母质主要由砂、粉砂和粘粒组成,而风成母质主要由细砂和粉砂组成.因此,在不同距离的土壤剖面中沙层和粘土层的厚度差异很大,造成地下水的运移方式不同;另一方面,4 次输水的间隔不长,分别是 4 个月、3 个月和 2 个月,造成几次输水对地下水位升高的影响同时起作用.这两点导致地下水位的升高与距离并不是简单的线性关系,而呈现波浪走势.但是,一个非常重要的现象是:地下水位在 800 m 范围内有几个明显的抬升波段,其走势与图 1 ~ 4 中植被的变化趋势基本相仿,说明植被的

变化与地下水位的升降存在非常明显的相关性.由此可以证明通过生态输水实现下游一些植被尚未完全退化地区的生态恢复是可行的.然而,天然植被对输水的响应范围较地下水位的变化范围要小.这是因为,首先植被对水的响应在时间上存在滞后性,植被恢复有一个过程.再者,不同种属植物的抗旱性能及生长所要求的地下水位是不同的,这是由不同植物体生理特性决定的^[15](见表1).由于生态输水造成地下水位的升高随距离远近而表现不同时,地表植被的响应也不同.深根系植被响应范围较大,如胡杨、柽柳等,而浅根系植被(如许多草本植被)受水分条件的制约响应范围相对要小.

表1 塔里木河下游主要植被生长状况所对应的地下水水位¹⁾

植物种	主要根系	生长良好	生长不良	大部或全部
	分布深度 / m	的地下水 位/ m	的地下水 位/ m	死亡的地下 水位/ m
胡杨	< 7.0	1.0 ~ 4.0	5.0 ~ 6.0	一般 > 8.0
柽柳	< 5.0	1.0 ~ 6.0	> 7.0	一般 > 10.0
芦苇	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 3.0	> 3.0	一般 > 3.5
甘草	1.0 ~ 2.0	1.0 ~ 3.0	> 3.0	一般 > 4.0
骆驼刺	> 4.0	1.0 ~ 4.0	> 4.0	一般 > 5.0
盐穗木	< 1.6	1.0 ~ 2.5	> 3.0	一般 > 3.5
铃铛刺	1.0 ~ 3.0	2.0 ~ 4.0	> 4.0	一般 > 5.0
罗布麻	2.0 ~ 3.0	1.5 ~ 4.0	> 4.0	一般 > 5.0
花花柴	> 3.0	1.0 ~ 3.0	> 4.0	一般 > 5.0
尖果沙枣	0.5 ~ 2.5	1.0 ~ 4.0	> 5.0	一般 > 6.0
盐节木	1.0 ~ 2.0	1.0 ~ 2.5	> 3.0	一般 > 4.0

1) 宋郁东,樊自立,雷志栋等.中国塔里木河水资源与生态问题研究. 2000,390 ~ 391.

植被多样性指数和植被丰富度指数的高低主要取决于植被种类的多少,在塔里木河下游,由于生态系统退化严重,只有一些耐盐碱、耐高温、耐干旱、耐沙埋的乔、灌、草植被,成为维护绿色走廊的最后一道天然屏障,造就了该地区植被种类稀少,甚至是单一.输水的作用在目前仅仅是对一些下游残存的天然植被的“输水救命”过程.因此,植被种类多少在很大程度上取决于草本植被萌发的数量.在输水河道 250 m 范围内,地下水位升高至 1 ~ 4 m 左右,这一水位能满足许多草本植被的恢复需要.因此,草本

植被的大量萌发造成这一区间植被多样性指数和植被丰富度指数的大幅增加,并且增加的幅度受距河距离以及地层结构和土壤质地的影响,变化波动明显.在 300 ~ 650 m 范围内,虽然草本植被的生长受到地下水位的明显限制,但是这一水位对深根系的胡杨和柽柳等乔、灌木的生长却非常有利.因此,它们生机的恢复带来植被多样性指数和丰富度指数的提高.在这 4 个生态指标上,胡杨冠幅和植被盖度由于受下游主要建群种胡杨的影响大,较深的(4 m 以下)地下水位就能对胡杨生长带来影响.因此,这 2 个指标在影响范围上相对另 2 个指标又稍大.特别是植被盖度的变化与地下水水位抬升的变化从图形上看更加相仿,说明植被盖度对地下水水位的变化相对更敏感.

综合这 4 个指标的变化规律及地下水位资料,可以对塔里木河下游中段生态输水后天然植被的响应范围进行初步归类(见表2)

表2 生态输水后天然植被影响区间的基本特征

Table 2 The different basic character of nature vegetation after translating water				
影响程度	影响范围 / m	地下水位 / m	植被状况	植被种类
显著影响	0 ~ 250	1 ~ 4	草本植被得以恢复,胡杨出现次生苗甚至极个别地方出现胡杨、柽柳的实生苗	乔、灌、草均出现
中度影响	300 ~ 650	3 ~ 7	乔、灌木得以恢复,长势较好.	胡杨、柽柳、盐穗木、白刺和零星草本等
无影响	> 700	> 6	植被与输水前没有变化,盖度 < 0.5 %.	种类单一、少量极度衰败的胡杨和柽柳

值得说明的是:上面的结论是以塔里木河下游中段为研究对象,在不同的河段影响范围是不同的,这主要由过水时间、区段耗水量、地层结构、土壤类型及植被退化状况等因素决定的,在它的上游段由于受到地表水漫溢的影响(首次输水的区间耗水量占全程的 90 %以上),加之当地植被生长状况本身较好,输水后植被

在河道两侧 3 km 多的范围内均有明显变化,下游段特别是阿拉干以下,前 3 次输水水流均未到达,第 4 次输水的过水时间不足 30 d,加之植被多已完全死亡,地表基本为流沙或盐壳覆盖,土地荒漠化非常严重,这里的植被恢复,首先应该是生命的拯救,而后才有个体的强壮和数量的增加,生态恢复的过程将是很漫长的.根据对该段的调查,目前发生植被恢复的范围仅限于河道两侧不足 100 m 的区间.同时,本文是以生态输水后 2 a 为研究时限,随着今后生态输水的继续,整个塔里木河下游天然植被恢复的范围将不断延伸.

6 小结

(1) 由于塔里木河下游特殊的环境背景,生态输水成为恢复该地区天然植被的首选措施,根据分析,随着生态输水工程的进行,下游一定范围内植被的生态响应非常明显,其表现与距河远近有密切关系.

(2) 输水后,在塔里木河下游中段,距输水河道 800 m 范围内的地下水位明显升高,由此带来下游天然植被的明显变化,在距河 0 ~ 250 m 范围内为显著影响区间,在 250 ~ 700 m 范围是中度影响区间,700 m 以外基本无影响.由于过水时间、区段耗水量、地层结构、土壤类型及植被退化状况等环境要素的差异,不同河段的影响范围不同,总体上表现为由上而下逐步递减的趋势.

(3) 从塔里木河下游植被的生态恢复角度考虑,目前塔里木河下游的生态输水主要属于“输水救命”阶段,目标是保住沿河的植被.以“线状”输水的方式打通塔里木河下游河道,以廊道状进行水分补偿,形成带状天然林恢复带,促进沿河残留植被的生命恢复.距完全恢复塔里木河下游天然植被的要求,还有很大距离.因此,除保持经常输水外,还有必要根据塔里木河

下游生态环境的现状适当对输水方式和输水规模进行调整,如采取线性输水和面状放水相结合的方式或结合其它更为有效的生态恢复措施.

参考文献:

- 1 宋郁东,樊自立,雷志栋等.中国塔里木河水资源与生态问题研究[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,2000.385 ~ 410.
- 2 李香云,张蓬涛,章予舒.塔里木河下游绿色走廊特点及衰败成因分析[J].干旱区研究,2001,18(4):26 ~ 31.
- 3 Gunin D. Diagnostics of desertification processes in arid ecosystem of central Asia. Problems of Desert Development, 1992, 5: 7 ~ 26.
- 4 周兴佳,李崇顺.塔里木河下游绿色走廊的环境变迁.见:梁匡一等.塔里木河两岸资源与环境遥感研究[C].北京:科学技术文献出版社,1990.200 ~ 220.
- 5 刘培君,朱峰.塔里木河两岸的自然地理条件.见:梁匡一等.塔里木河两岸资源与环境遥感研究[C].北京:科学技术文献出版社,1990.13 ~ 16.
- 6 He Qing, Zhao Jingfeng, Nagashima et al. The distribution of Sandstorms in Taklimakan Desert. Journal of Arid Land Studies, 1996, 5: 185 ~ 193.
- 7 王让会,樊自立.利用遥感和 GIS 研究塔里木河下游阿拉干地区土地沙漠化[J].遥感学报,1998,2(2):137 ~ 142.
- 8 周兴佳,李崇舜.塔里木河下游绿色走廊的沙漠化及其防治[J].中国沙漠,1983,3(1):31 ~ 43.
- 9 包维楷,陈庆恒.生态系统退化的过程及其特点[J].生态学杂志,1999,18(2):36 ~ 42.
- 10 王涛.塔里木河下游阿拉干地区沙漠化过程及其预测[J].中国沙漠,1986,10(2):16 ~ 18.
- 11 杨发相,穆桂金.塔里木河流域环境特征及其演变趋势.见:刘晏良,焦广辉,樊自立等.塔里木河中下游实地踏勘报告[C].北京:中国统计出版社,2000.276 ~ 300.
- 12 孙儒冰,李博,诸葛阳等.普通生态学[M].北京:高等教育出版社,1998.135 ~ 137.
- 13 刘国华,傅国杰.退化生态型的特征与分布[J].生态学报,2000,20(1):13 ~ 19.
- 14 崔培毅.塔里木河流域森林资源及其保护.见:刘晏良,焦广辉,樊自立等.塔里木河中下游实地踏勘报告[C].北京:中国统计出版社,2000.276 ~ 300.
- 15 张宏,樊自立.塔里木盆地北部盐化草甸植被净第一性生产力模型研究[J].植物生态学报,2000,24(1):13 ~ 17.