

## 京郊河溪近自然治理环境效应分析\*

高 阳<sup>1</sup>, 高甲荣<sup>1</sup>, 陈子珊<sup>1</sup>, 段红祥<sup>2</sup>, 寇忠泰<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083; 2. 北京市怀柔区  
水土保持监测总站, 北京 101400)

**摘 要:**选择北京郊区怀柔区怀九河上三处经过不同河流治理方式整治过的河段, 其中的四渡河段已实施河溪近自然治理 2 a 的时间, 而一渡河段为传统水工治理, 团泉段基本上没采取治理措施。然后定点监测河段的大气湿度、温度, 土壤温度以及河岸带植物多样性等生态因子, 通过比较分析河溪近自然治理措施对河溪小环境所产生的环境效应。研究表明, 河溪近自然治理措施可以增加大气湿度, 经过河溪近自然治理的四渡河段比传统水利工程治理的一渡河段水面大气湿度高近 5%, 河岸带地面大气湿度则高近 10%; 虽然河岸带的大气湿度不如处于自然状态的团泉段, 但水面大气湿度则高了近 2 个百分点。与传统水利治理方式相比较, 河溪近自然治理措施可以降低周围小气候的温度, 调节河岸带地面与水面的温差, 四渡河段的温差为 0.5℃, 是一渡河段的 1/3 左右。河溪近自然治理通过恢复河岸带植被缩小土层间的温差, 调节土层温度, 保持深层土壤水分。经过河溪近自然治理的四渡河段的植物多样性高于一渡河段, 是其 3 倍左右, 恢复了河岸带的植物多样性。

**关键词:**河溪近自然治理; 传统水工治理; 自然状态; 环境效应

中图分类号: X522; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)05-0101-04

## Analysis on the Environmental Effects of Near-natural Control Measurements in the Suburb River of Peking

GAO Yang<sup>1</sup>, GAO Jia-rong<sup>1</sup>, CHEN Zi-shan<sup>1</sup>, DUAN Hong-xiang<sup>2</sup>, KOU Zhong-tai<sup>2</sup>

(1. The Key Laboratory of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;  
2. Soil and Water Conservation Monitoring Station of Huairou District, Beijing 101400, China)

**Abstract:** In order to comparably analyze the environmental effects of stream near-natural control measurements, this research chose three reaches whose ecosystem are in different degree on Huaijiuhe river in the suburb of Peking. From the upper reach to the lower reach, the first one is Tuanquan reach which is mostly in natural condition and nearly have not been managed. The second one is the key one, called Siduhe reach, which has been managed by near-natural control measurements for two years. The last one is Yiduhe reach, which have been managed by classical engineering control measurements. The monitoring content includes relative humidity, air temperature, soil temperature and plant diversity. The results of this research showed that Stream near-natural control measurements increase air relative humidity of stream environment, because the water surface relative humidity of Siduhe reach is five percent higher than the one of Yiduhe reach, at the same time, the land surface relative humidity is ten percent higher, and although the land surface relative humidity of Siduhe reach is lower than natural Tuanquan reach. Its water relative humidity is two percent higher than Tuanquan reach. Compared with the classical engineering measurements, stream near-natural control measurements can decrease the air temperature of surrounding environment, meanwhile, regulate the temperature different between riparian and water, the temperature difference of Siduhe reach is 0.5℃, which is only one third of Yiduhe reach. Stream near-natural control measurements also can shorten the temperature difference among different soil layers through restoring the vegetation of riparian, and regulate the temperature of soil layer, keep the soil moisture of deep soil layers. The plant diversity of Siduhe reach which has been managed by near-natural control measurements is three times higher than Yiduhe reach, therefore, we can say near-natural control measurements can keep and restore plant diversity of riparian.

**Key words:** stream near-natural control measurements; classical engineering control measurements; natural situation; environmental effects

\* 收稿日期: 2007-11-10

基金项目: 北京市自然科学基金(基金编号 8062022)

作者简介: 高阳(1982-), 女, 硕士研究生, 主要从事水土保持与流域管理。E-mail: gy154112@163.com

通信作者: 高甲荣(1963-), 男, 博士, 副教授, 主要从事森林生态、森林水文、流域管理研究。E-mail: jiaronggao@sohu.com

河溪是人类活动最密集的地方,河溪生态系统是流域中最具有生命力和变化的景观形态,是流域中最理想的生境走廊<sup>[1-2]</sup>。河溪近自然治理通过调节和加速河溪生态系统的良性恢复过程,影响河溪生态小环境,从而对河溪产生了一定的环境效应,其中对两岸空气湿度、气温、水温、土壤温度以及缓冲带植物多样性的影响十分显著且见效迅速。目前有关河溪近自然治理措施改善生态环境的研究多为定性描述,因此本文对以上见效迅速且测量简便的生态指标进行量化研究,其研究成果能给河流管理部门以及园林绿化部门在进行河溪治理规划时提供科学的依据和指导<sup>[3-5]</sup>。

## 1 研究区概况及研究方法

### 1.1 研究区概况

本研究选择位于北京市怀柔区的怀九河干流,其位于怀柔区西南部怀沙河、怀九河水生野生动物自然保护区内,属海河流域潮白河水系,是怀柔水库重要的入库水源。流域面积 347.2 km<sup>2</sup>,河道纵坡 2.1‰~2.5‰,属于温带半湿润气候,年平均气温 9~11℃,平均降水 600~700 mm,年均日照 2 980 h,年平均湿度 42.8%,无霜期 150~180 d,四季分明。

根据前期河流野外调查和河溪近自然状态评价结果,选

择位于怀九河干流,2005 年进行河溪近自然治理的四渡河段和采用传统水利工程治理的一渡河段进行比对研究,并辅助处于近自然状态,基本未进行河流整治的团泉河段,以分析河溪近自然治理措施对河溪小环境所产生的环境效应。

### 1.2 研究方法

根据前期野外调查结果,共有三组研究人员,在 2006 年 7 月 19 日、20 日、21 日 3 d 分别定点、定期对这三个河段进行监测。监测内容包括大气相对湿度、温度、土壤温度以及植物多样性 4 个方面。

大气相对湿度利用 WSD-1 温湿度感应仪测定,监测点为水面以上的 1.5 m 高度和距离水体 2 m 处地表以上 1.5 m 高度,同步测量;温度则利用温湿度感应仪和酒精温度计测定,温湿度感应仪监测水面以上的 1.5 m 高度和距离水体 2 m 处地表以上 1.5 m 高度的大气温度,酒精温度计测量水体表层的温度;地温计同步测量缓冲带 0.5, 10, 15, 20 cm 土层的土壤温度;植物多样性的调查是先在监测点的缓冲带内设置 2 个 5 m × 5 m 灌草样方(其中再设置 4 个 1 m × 1 m 的草本样方)和 3 个 1 m × 1 m 的草本样方,然后调查每个样方中植物的种类、株数和盖度以便日后计算。监测的频率为每 1 h 记录一次,从 9:00 - 17:00,各指标每次测定时重复 3 次,取平均值。

表 1 监测河段基本情况

河段名称	河流基本情况	河岸带基本情况	周围土地利用方式
团泉	河宽 50 m, 水体宽 40 m, 河床内水深 0.1 m	缓冲带宽为 35 m, 植被构成包括乔木(3 种)、灌木(3 种)、草本(19 种), 总覆盖度为 100%	左岸缓冲带外为大片的农田, 主要种植玉米, 右侧为山体
四渡河	河宽 40 m, 水体宽 40 m, 河床内水深 1.4 m	缓冲带宽为 18 m, 植被构成包括乔木(1 种)、灌木(1 种)、草本(8 种), 总覆盖度为 100%	左侧缓冲带外的土地利用方式为果园, 右侧为农田, 种植玉米和蔬菜
一渡河	河宽 40 m, 水体宽 20 m, 河床内水深 0.7 m	缓冲带宽为 2.5 m, 植被构成包括乔木(1 种)、草本(2 种), 总覆盖度为 55%	左侧缓冲带外的土地利用方式主要为农田, 主要种植蔬菜, 右侧则为一条沥青公路

### 1.3 数据处理分析

根据监测调查数据,计算近自然整治措施对周围小气候的环境影响。相对湿度用日平均变化曲线来表示分析;温度则通过计算温差以及日平均水体表层温度的差异来表示;地温则绘制不同土层的温度日变化来进行分析;植物多样性则主要从物种丰富度和物种多样性以及均匀度这三个方面来衡量,选择物种丰富度指数、Shannon Wiener 多样性指数、Simpson 多样性指数和 Pielou 均匀度指数来表示位于怀九河这三个处于不同近自然状态监测段的植物多样性状况。

Shannon Wiener 多样性指数

$$H = - \sum_{i=1}^n V_i \ln V_i$$

Simpson 指数

$$D = 1 - \sum_{i=1}^n V_i^2$$

物种丰富度指数 (Gleason 指数)

$$d_{gl} = \frac{S}{\ln A}$$

Pielou 均匀度指数

$$J = \left( - \sum_{i=1}^n V_i \ln V_i \right) / \ln A$$

式中: S ——样方内物种总数; A ——样方面积; V<sub>i</sub> ——物种相对重要值。

## 2 结果与分析

### 2.1 大气湿度

湿度是用来表示大气中水汽含量的多少或大气潮湿的程度,一个适中的大气湿度会使人感到身心舒适尤其是有利于呼吸器官的调节,特别是在炎热、干燥的夏季,许多人喜欢到河溪边来进行野外的休憩、游玩活动,主要就是为了感受水面吹来的湿润而又凉爽的清风<sup>[6]</sup>。

#### 2.1.1 水面大气湿度

团泉、四渡河、一渡河监测点水面大气湿度的日平均变化曲线见图 1,从中可以发现在 9:00—12:00 前后,团泉水面的大气湿度一直在四渡河以及一渡河以下,主要是因为团泉河段周围树木繁茂,树木透射到水面的树影有效地削弱了太阳的辐射,降低了水温,使得水面的蒸发量有限,而四渡河、一渡河水面上无任何遮盖,所以在太阳的强辐射下,水温增加很快,水面蒸发强烈,其水面大气湿度在 14:00 左右均下降到接近一天中的最低点。而从 14:00 以后,随着温度的升高,绿色植物的蒸腾作用对大气湿度的影响逐渐加重,从图上表示为团泉的大气湿度开始呈现上升趋势,超过绿色植物稀疏的一渡河,不过仍处于经过加宽、加深水体的四渡河段之下。纵观一天的变化,四渡河段的水面大气湿度在大部

分时段均为最大,其日平均水面大气湿度接近 50%,分别比团泉段和一渡河段高 2%和 5%,证明该处实施的河溪近自然治理措施后极大地改善了两岸的生态环境,河岸带的绿色植物对保留水面蒸发的水汽起到了重要作用,使得两岸的环境舒适度大大提高。

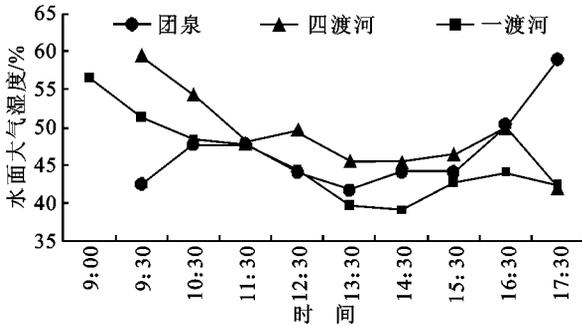


图 1 监测点水面大气湿度的日平均变化曲线

2.1.2 河岸带地面大气湿度

图 2 反映的是三处河段河岸带地面大气湿度的日平均变化曲线,通过分析、比较可以发现,清晨时段(9:30),由于气温较低,空气中的水汽凝结,并且绿色植物的蒸发、蒸腾作用微弱,三处河岸带的大气湿度较大且相差无几,大致在 53%左右,但随着时间的推移,温度升高,水汽逐渐消散,三处河岸带的大气湿度开始下降,并以植物稀疏的一渡河点下降最快,最热的午间(14:00 - 16:00),由于强烈的太阳直射,三处河岸带的大气湿度均降到了一天中的最低水平,并呈现明显的阶梯化,团泉段河岸带的大气湿度维持在 50%左右,四渡河段的河岸带湿度为 40%左右,而一渡河段的河岸带湿度仅为 30%左右,该现象说明河岸带的绿色植物不仅能保留水面蒸发所带来的湿气,并且其自身的蒸发、蒸腾作用同样对增加河溪河岸带的大气湿度有着不可替代的作用。

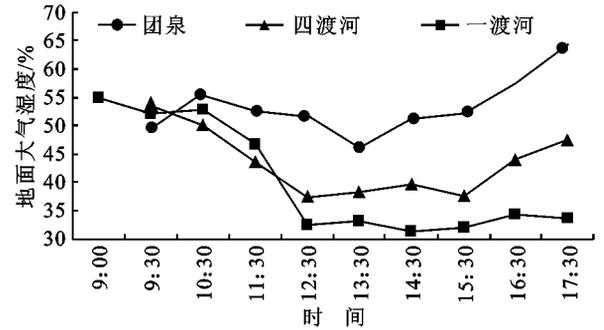


图 2 监测点地面大气湿度的日平均变化曲线

2.2 温度

温度是河流中生物与非生物间作用周期和速度的中心影响因素,河段小气候中温度过高会对一些对温度敏感的水生生物产生致命的影响,进而影响整个河流生态系统的平衡、健康。

2.2.1 水面和河岸带地面温度

相对于河溪缓冲带的增湿作用,其降温的效用表现不很明显,从表 2 日温差的计算结果可以看到,与四渡河和一渡河段不同,团泉段的地面温度要低于水面温度,并且越是阳光灿烂的日子,日平均温度越高,其陆地和水面的气温差亦越大,如 21 日,其陆地和水面的温差达到了 2.8,导致该现象的原因是因为团泉河岸带茂密的植被有效阻挡了太阳直射,吸收了大部分的热量,使林内的温度宜人适中。相反,四渡河段与一渡河段地面温度比水面温度要高。与一渡河段平均 1.1 的温差相比较,四渡河段的温差不大,基本维持在 0.5 左右,由此说明,四渡河段河岸带上人工加速恢复的两年生绿色植被虽现在不能等同于团泉河岸带上的自然植被,但仍有效地避免了太阳直射,降低了地表温度,对改短周边的环境小气候起到了改善的作用<sup>[7]</sup>。

表 2 监测点三天水面和地面温度的变化数据值

日期	20 日			21 日			22 日		
	团泉	四渡河	一渡河	团泉	四渡河	一渡河	团泉	四渡河	一渡河
日温差	-0.7	0.5	1.2	-2.8	0.4	1.5	-0.3	0.5	1.2

注:20 日,天气闷热,大气的湿度大;21 日,天气晴朗,舒适;22 日,天气多云,舒适日温差 = 地面 1.5 m 处日平均温度 - 水面 1.5 m 处日平均温度

2.2.2 水体表层水温

一般来说,水体越浅,单位体积水量有限,在等量太阳辐射下,升温则会越快,水体的表层水温也会越高。三个监测段中,团泉段的水深仅为 0.1 m,四渡河段的水深为 1.4 m,一渡河段的水深为 0.7 m,而在表 3 中团泉段的日平均温度为 23 左右,四渡河段为 25.7,一渡河段则为 26.8。团泉段的表层水温要明显低于四渡河段和一渡河段,导致该现象的主要原因就是其两侧河岸带上所生长繁茂的乔木,这些

乔木宽大的树冠为河水提供了良好的遮蔽作用,使得该段表层水温适中,为水生生物的生长、繁殖创造了一个良好的生态环境。而四渡河段两岸虽有宽阔的缓冲带,但由于恢复时间较短,树木生长的冠幅范围有限,目前,还不能为该段的水体提供绿荫,不过相比较一渡河段 27 左右的表层水温,还是可以发现四渡河段所采取的恢复缓冲带、假山石护岸等近自然治理措施有效地改善了其周边的小气候,降低了该段的表层水温。

表 3 三天水体表层水温的变化和平均数值

监测点	9:00	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	日平均
团泉	-	20.75	21.9	22.5	22.6	23.5	23.6	23.8	23.0	22.7	22.7
四渡河	-	24.00	24.5	24.8	25.6	25.8	25.8	26.7	27.0	27.0	25.7
一渡河	23.8	24.40	25.0	26.0	27.2	28.0	28.8	29.1	28.5	28.3	26.8

### 2.3 地温

土壤温度 (soil temperature) 反映了土壤的冷热程度。是作物的一个重要生长因素。土壤温度的变化直接影响土

壤中水分的保持和运动,对微生物活动、种子发芽和根系发展影响也很大。温度对土壤中许多物理过程都起一定的作用,土壤温度的热源来自太阳辐射,随昼夜、季节而变化。

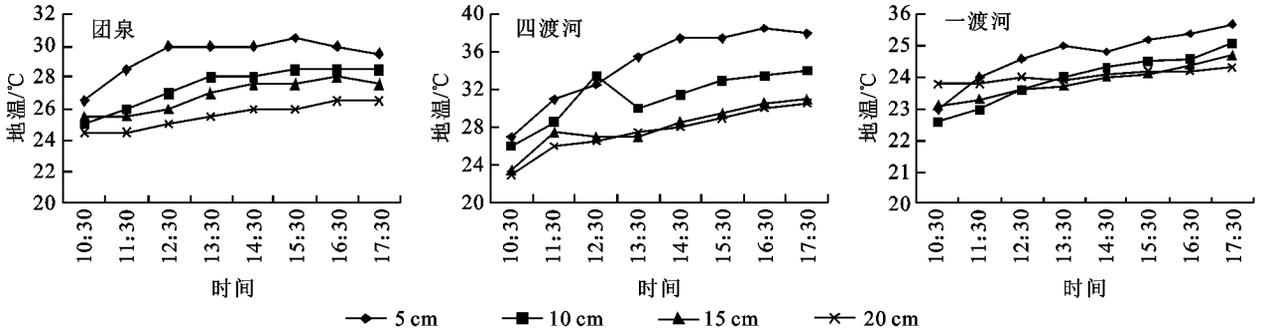


图 3 监测点地温变化

从图 3 可以发现,团泉段 4 个土层温度的变化比较均匀,土壤温度从 5 cm 到 20 cm 依次递减,且递减的幅度基本一致,为 1.5,其原因是植被通过对地表温度的影响,降低土壤土层间温度的变化,并且是林地的作用大于草地。同样四渡河段的 5 cm,10 cm,15 cm 土层之间温度的变化也比较均匀,递减幅度与团泉段相似,为 1.5,但 20 cm 土层的温度则基本与 15 cm 土层温度差异不大,该现象说明四渡河段人工恢复的植被对深层地温的调节作用不如团泉段的自然植被,但其对于浅层地温的影响已经与自然植被相似。而一渡河段 4 个土层之间的温度相差不大,但由于没有绿色植物的覆盖,其深层土壤的温度也很高,因此土壤表层水分蒸发量大,土壤湿度低,并且地下水中盐分和土壤内盐分会随毛管水上升,随着水分蒸发,盐分在表层土积累,使得土壤质地变差,最终影响植物的生长、发育<sup>[8]</sup>。

### 2.4 植物多样性

植物多样性是生物多样性的的重要组成部分,是衡量一个地区生态保护、生态建设与恢复水平的主要指标。分析表 4 中的数据 and 图 4 可以发现反映怀九河植物多样性的 Wiener 指数、Simpson 指数、丰富度指数和 Pielou 均匀度指数具有相似的梯度变化规律,处于近自然状态下的团泉监测段这四项指数均处于最高水平,说明该地区人为干扰相对较少,河岸带植物保存较好,河溪生态系统健康状态良好;而随后是经过河溪近自然治理的四渡河段,虽然其通过近自然治理,河岸带的植被得以恢复,但其治理时间较短,植物多样性还相对单一,生态系统仍处于不稳定状态,不过只要坚持近自然治理并加以合理的后期管理,那么该处的生态系统就会向良性、健康的状态发展,直到恢复到自然状态;最后是一渡河段,该处四项植物多样性指数都很低,特别是物种丰富度指数,还不到团泉段的 1/8,四渡河段的 1/3,说明该处的植物已经遭到了严重的破坏,需要及时采取近自然措施加以弥补,控制人类的过度干扰,才能使该处的生态系统逐步恢复,向健康、良性方向发展<sup>[9-11]</sup>。

### 3 结论与讨论

河溪作为生态景观重要的组成部分,其治理已经不再是仅仅满足生产、生活的基本需求,还应具有景观、休憩功能。

表 4 植物多样性指数计算结果

监测段	Wiener 指数	Simpson 指数	丰富度指数	Pielou 指数
团泉	3.150078555	0.950964653	8.388021617	0.978626926
四渡河	2.294489142	0.89829082	3.106674673	0.71282313
一渡河	1.094628647	0.664036242	0.932002402	0.340065509

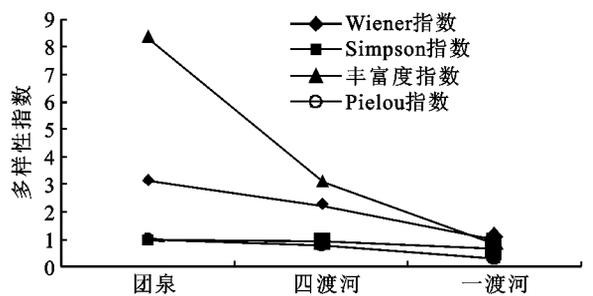


图 4 怀九河三个监测点植物的多样性指数

河溪近自然治理在保障行洪安全的基础上,按照尊重自然、保护自然、模拟自然的原则,以河溪生态系统健康为基准点,最大尺度地改善河溪周围生境。与传统水利治理措施相比,其具有增湿降温、保持土壤水分、增加植物多样性的效应。(1)增加大气湿度。经过河溪近自然治理的四渡河段比传统水利工程治理的一渡河段水面大气湿度高近 5%,河岸带地面大气湿度则高近 10%;虽然河岸带的大气湿度不如处于自然状态的团泉段,但水面大气湿度则高了近 2 个百分点。(2)降低周围小气候的温度,包括水面、河岸带地表以及水体温度。虽然四渡河段河岸带人工加速恢复的植被目前赶不上团泉河岸带上的自然植被,但与一渡河段相比,仍有效地避免了太阳直射,缩小了地表与水面的温差,降低水体表层温度。(3)调节土层温度。河溪近自然治理通过恢复河岸带植被缩小土层间的温差,保持深层土壤水分。(4)恢复河岸带植物多样性。与传统治理方式破坏河岸带植物相比,虽然恢复时间较短,但经过河溪近自然治理的四渡河段的植物多样性仍大大高于一渡河段,是其 3 倍左右。

河溪周围小气候的环境效应所受影响复杂,该文通过实地监测调查,初步分析了河溪近自然治理对周边生境的环境效应,但其具体影响以及调节河溪生态系统的机理仍尚待日后进一步的研究和探讨。

### 3 结论

(1)不同季节大气降水中  $^{18}\text{O}$  的变幅较大,具有夏高冬低的变化特征。

(2)地表浅层土壤水的稳定性同位素比率介于雪水和雨水的同位素比率之间,表明春季浅层土壤水来源于雪水和雨水的补给。春季表层 10 cm 土壤水的  $^{18}\text{O}$  受降水中  $^{18}\text{O}$  的直接影响,并且与降水中  $^{18}\text{O}$  有相同的变化趋势。不同时间土壤剖面土壤水的  $^{18}\text{O}$  和重量含水量均在表层 10 cm 变化最大,具有向下变幅逐渐减少的趋势。

(3)地下水中  $^{18}\text{O}$  在不同季节变化差异不大,地下水有一致、稳定的水源供应。

#### 参考文献:

[1] 宋献方,于静洁. 国际环境同位素水文学会议纪要及我国的研究对策[J]. 水文地质工程地质,2004,31(1):114-115.

[2] Dansgaard W. The abundance of  $^{18}\text{O}$  in atmospheric water and water vapor[J]. Tellus,1953,5(4):461-469.

[3] Kendall C,McDonnell J J. Isotope tracers in catchment hydrology[M]. Elsevier:Amsterdam,1998.

[4] Adams M A,Grierson P F. Stable isotopes at natural abundance in terrestrial plant ecology and ecophysiol-

ogy:an update[J]. Plant Biology,2001,3:299-310.

[5] Tang K. The effect of soil hydrology on the oxygen and hydrogen isotopic compositions of plants' source water[J]. Earth and Planetary Science Letters,2001,185(3/4):355-367.

[6] Wang Guo hong. Can the restoration of natural vegetation be accelerated on the Chinese Loess Plateau: A study of the response of the leaf carbon isotope ratio of dominant species to changing soil carbon and nitrogen levels. [J]. Ecol. Res.,2006,21:188-196.

[7] 张立运,陈昌笃. 论古尔班通古特沙漠植物多样性的一般特点[J]. 生态学报,2002,22(11):1923-1932.

[8] Craig H. Isotopic variations in meteoric waters[J]. Science,1961,133:1702-1703.

[9] 郑淑慧,侯发高,倪葆龄. 我国大气降水的氢氧稳定同位素的研究[J]. 科学通报,1983(13):801-806.

[10] Gazis C,Feng X. A stable isotope study of soil water:evidence for mixing and preferential flow paths [J]. Geoderma,2004,119:97-111.

[11] Ehleringer J R,Dawson T E. Water uptake by plants: perspectives from stable isotope composition[J]. Plant Cell and Environment,1992,15:1073-1082.

(上接第 104 页)

#### 参考文献:

[1] 高甲荣,肖斌,牛健植. 河溪近自然治理的基本模式与应用界限[J]. 水土保持学报,2002,16(6):84-91.

[2] 高甲荣. 近自然治理:以景观生态学为基础的荒溪治理工程[J]. 北京林业大学学报,1999,21(1):80-85.

[3] 杨凯,唐敏,刘源,等. 上海中心城区河流及水体周边小气候效应分析[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,2004(3):105-114.

[4] 邵俊,杨凯,吴阿娜,等. 上海张家浜河道综合整治效益分析及评价[J]. 水资源保护,2004(4):8-10.

[5] 周志翔,邵天一,唐万鹏. 城市绿地空间格局及其环境效应:以宜昌市中心城区为例[J]. 生态学报,2004,24(2):186-192.

[6] Unger J. Comparisons of urban and rural bioclimato-

logical conditions in the case of a Central: European city [J]. Int J. Biometeorol,1999,43:139-144.

[7] 王远飞,沈愈. 上海市夏季温湿效应与人体舒适度[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,1998(3):60-66.

[8] 康博文,王得祥,刘建军,等. 城市不同绿地类型降温增湿效应的研究[J]. 西北林学院学报,2005,20(2):54-56.

[9] 雷霆,崔国发,陈建伟,等. 北京市湿地维管束植物多样性及优先保护级别划分[J]. 生态学报,2006,26(6):1675-1685.

[10] 王重云,刘文耀,刘伦辉,等. 紫茎泽兰迹地上不同替代植物群落植物多样性的变化[J]. 应用生态学报,2006,17(3):377-383.

[11] 乔锋,张克斌,张维军,等. 宁夏盐池县不同荒漠化治理措施生物多样性研究[J]. 水土保持研究,2006,13(2):54-57.