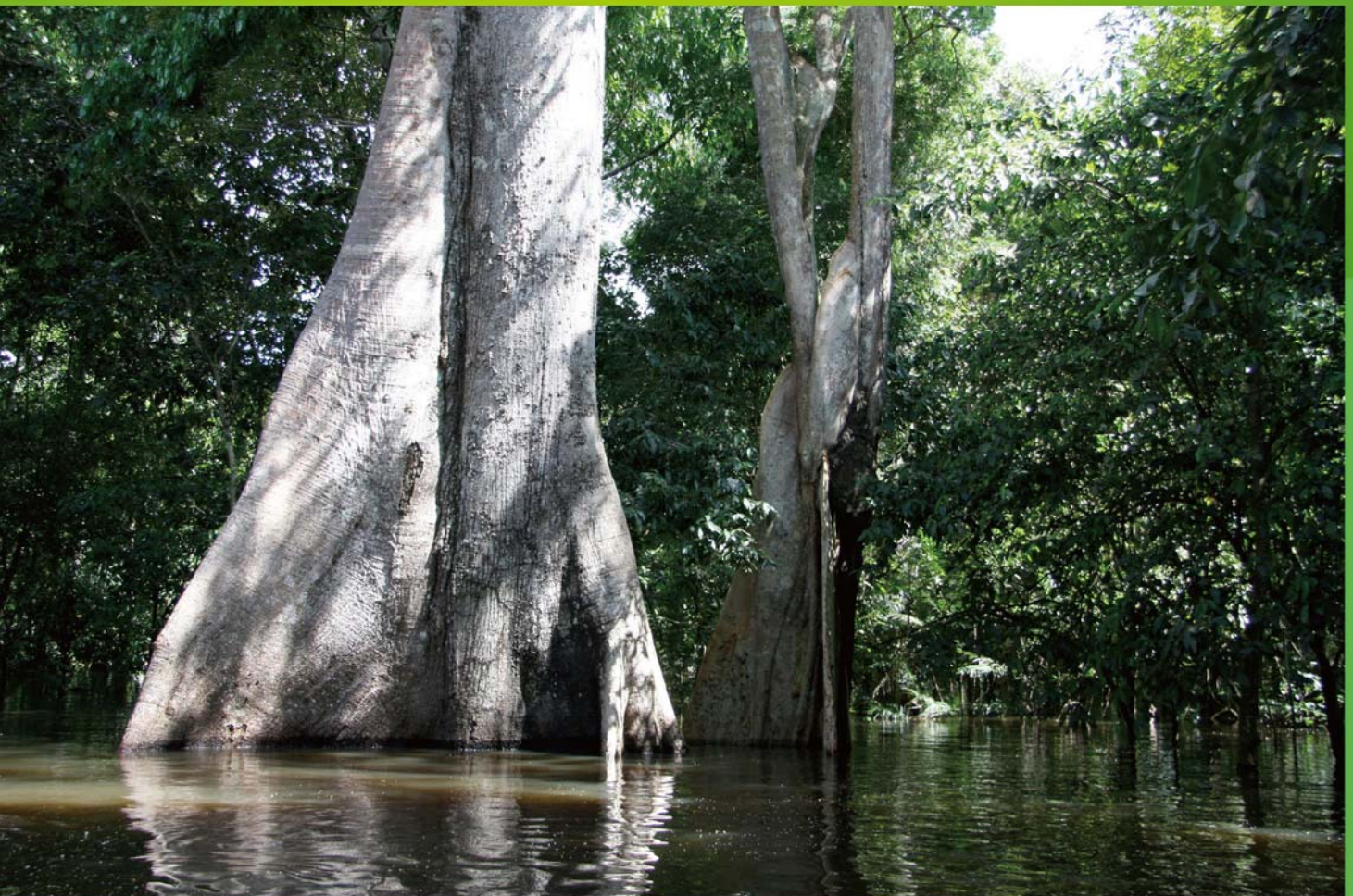


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第8期 Vol.31 No.8 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 8 期

2011 年 4 月 (半月刊)

目 次

塔里木河下游胡杨径向生长与地下水的关系·····	安红燕,徐海量,叶 茂,等 (2053)
冲积平原区高程因子对土壤剖面质地构型的影响——以封丘县为例·····	檀满枝,密术晓,李开丽,等 (2060)
臭氧胁迫对大豆叶片抗坏血酸-谷胱甘肽循环的影响·····	王俊力,王 岩,赵天宏,等 (2068)
重要理化因子对小球藻生长和油脂产量的影响·····	张桂艳,温小斌,梁 芳,等 (2076)
北亚热带马尾松净生产力对气候变化的响应·····	程瑞梅,封晓辉,肖文发,等 (2086)
亚热带沟叶结缕草草坪土壤呼吸·····	李熙波,杨玉盛,曾宏达,等 (2096)
UV-B 辐射对马尾松凋落叶分解和养分释放的影响·····	宋新章,张慧玲,江 洪,等 (2106)
干旱胁迫下内生真菌感染对羽茅的生理生态影响·····	韩 荣,李 夏,任安芝,等 (2115)
蜜环菌对锌的耐性和富集特性·····	朱 林,程显好,李维焕,等 (2124)
干旱荒漠区狭叶锦鸡儿灌丛扩展对策·····	张建华,马成仓,刘志宏,等 (2132)
黄土高原区不同植物凋落物搭配对土壤微生物量碳、氮的影响·····	王春阳,周建斌,夏志敏,等 (2139)
内蒙古典型草原克氏针茅与冰草的生存策略·····	孙 建,刘 苗,李胜功,等 (2148)
荒漠沙柳根围 AM 真菌的空间分布·····	贺学礼,杨 静,赵丽莉 (2159)
开放式昼夜不同增温对单季稻影响的试验研究·····	董文军,邓艾兴,张 彬,等 (2169)
醉马草免培养内生细菌的多样性·····	张雪兵,史应武,曾 军,等 (2178)
河南生态足迹驱动因素的 Hi_PLS 分析及其发展对策·····	贾俊松 (2188)
禹城市耕地土壤盐分与有机质的指示克里格分析·····	杨奇勇,杨劲松,余世鹏 (2196)
旋覆花提取物对朱砂叶螨的生物活性及酶活性的影响·····	段丹丹,王有年,成 军,等 (2203)
白洋淀湖滨湿地岸边带氨氧化古菌与氨氧化细菌的分布特性·····	叶 磊,祝贵兵,王 雨,等 (2209)
干旱胁迫条件下 6 种喀斯特主要造林树种苗木叶片水势及吸水潜能变化·····	王 丁,姚 健,杨 雪,等 (2216)
桉树人工林物种多样性变化特征·····	刘 平,秦 晶,刘建昌,等 (2227)
海河流域湿地生态系统服务功能价值评价·····	江 波,欧阳志云,苗 鸿,等 (2236)
芦苇在微咸水河口湿地甲烷排放中的作用·····	马安娜,陆健健 (2245)
云南不同土壤铅背景值下大叶茶种群对铅的吸收积累特征及其遗传分化·····	刘声传,段昌群,李振华,等 (2253)
长江口和杭州湾凤鲚胃含物与海洋浮游动物的种类组成比较·····	刘守海,徐兆礼 (2263)
江西大岗山地区 7—9 月降水量的重建与分析·····	乔 磊,王 兵,郭 浩,等 (2272)
山核桃免耕经营的经济效益和生态效益·····	王正加,黄兴召,唐小华,等 (2281)
基于 GIS 的广州市中心城区城市森林可达性分析·····	朱耀军,王 成,贾宝全,等 (2290)
专论与综述	
土壤呼吸温度敏感性的影响因素和不确定性·····	杨庆朋,徐 明,刘洪升,等 (2301)
植物代谢速率与个体生物量关系研究进展·····	程栋梁,钟全林,林茂兹,等 (2312)
耕地生态补偿实践与研究进展·····	马爱慧,蔡银莺,张安录 (2321)
问题讨论	
元谋干热河谷三种植被恢复模式土壤贮水及入渗特性·····	刘 洁,李贤伟,纪中华,等 (2331)
研究简报	
中微量元素和有益元素对水稻生长和吸收镉的影响·····	胡 坤,喻 华,冯文强,等 (2341)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 296 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-04



封面图说:巴西热带雨林——美丽的巴西北部玛瑙斯热带雨林景观。位于南美洲的亚马逊河是世界上流域最广、流量最大的河流,孕育了世界面积最大的热带雨林,雨林中蕴藏着极丰富的生物资源。

彩图提供:中国科学院生态环境研究中心徐卫华博士 E-mail: xuweihua@rcees.ac.cn

塔里木河下游胡杨径向生长与地下水的关系

安红燕^{1,2}, 徐海量^{1,*}, 叶茂^{1,3}, 禹朴家^{1,2}, 龚君君³

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘要:通过分析塔里木河下游地区地下水位与胡杨径向生长量的相互关系, 建立胡杨径向生长量随地下水位变化的函数模型, 并从数理统计学的角度验证了胡杨生长的胁迫水位和临界水位。结果表明: (1) 随着地下水位的下降, 胡杨径向生长量的均值逐渐减小。 (2) 胡杨径向生长量与地下水位之间存在极显著的回归关系, 其最佳回归模拟函数为四次多项式 $Y = 0.003X^4 - 0.080X^3 + 0.731X^2 - 3.060X + 6.934$, 判定系数 R^2 为 0.857, P 值为 0.0001。 (3) 通过分析可知: 胡杨生长的胁迫水位是 4.71 m, 临界水位是 8.62 m。胡杨正常生长的水位区间为 0.5—4.71 m, 受到胁迫的水位区间为 4.71—8.62 m, 当地下水位大于 8.62 m 时, 胡杨将会呈现出衰败景象, 此时, 胡杨径向生长量的变化率逐渐向 0 接近, 表明胡杨径向生长趋向停止。

关键词: 塔里木河下游; 地下水位; 胡杨; 径向生长量

The relationship between *Populus euphratica*'s radial increment and groundwater level at the lower reach of Tarim River

AN Hongyan^{1,2}, XU Hailiang^{1,*}, YE Mao^{1,3}, YU Pujia^{1,2}, GONG Junjun³

1 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, Xinjiang, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Geography Science and Tourism Department of Xinjiang National University, Urumqi 830054, Xinjiang, China

Abstract: The Tarim River, the longest inland river in China, is one of the famous continental rivers in the world. The climate in the Tarim River basin is a typical continental warm-temperate desert arid one. The annual precipitation varies from 17 mm to 34 mm, however, the annual evaporation reaches 2408—2671 mm. The ecological processes of the Tarim River basin have undergone great changes due to human disturbance over the past 50 years, especially along the river section at the lower reaches from the Daxihaizi Reservoir to the Taitema Lake, where the ecological environment is very fragile by nature. The problems, such as disappearance of surface runoff, decline of groundwater level, degradation of watershed ecosystems etc, has become more and more aggravated. In order to rescue the strategic “green corridor” in the lower reaches of Tarim River, ecological water input has been brought into effect since May 14th, 2000.

The groundwater level is the most important environmental factors affecting natural vegetation in the lower reaches of Tarim River. Accordingly, during the water transfer, 12 monitoring sections with 58 monitoring wells and 58 vegetation sample plots were selected and established. Since the growth rings of trees can reflect the inter-annual variations in environmental conditions, in the current study we used a model to simulate the relationship between radial increment of *P. euphratica* and groundwater level at the lower reaches of Tarim River. The monitoring wells data of 4 typical sections: Yehepumahan (B), Yengisu (C), Kardayi (E) and Argan (G) were used in the analysis. Meanwhile, 3 *Populus euphratica* trees were randomly selected around the monitoring well and then 3 or 4 branches from each tree. Subsequently, the sample branches' radial increments were measured and averaged. Based on the monitoring data of groundwater level and the corresponding radial increments from 2000 to 2005, we used statistics to determine the groundwater levels at which the

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30970549, 40971284)

收稿日期: 2010-04-06; 修订日期: 2010-08-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xuhl@ms.xjb.ac.cn.

P. euphratica growth was inhibited or stopped by water stress. Our study revealed that: 1) The mean radial increment gradually decreased with the groundwater level declining. 2) The radial increment correlated to the groundwater level at a significance level of 0.01. The best regression model is a quadric equation, that is, $Y = 0.003X^4 - 0.080X^3 + 0.731X^2 - 3.060X + 6.934$, with discriminate coefficient R^2 as 0.857 and $P = 0.00013$) Based on the analysis, we found the stress groundwater level for *P. euphratica*'s growth is 4.71 m and the critical groundwater level is 8.62 m. When the groundwater level ranged from 0.5 m to 4.71 m, *P. euphratica* normally grew; when it ranged from 4.71 m to 8.62 m, *P. euphratica* grew under stress; when it dropped to more than 8.62 m, the radial increment closed to 0, and the growth of *P. euphratica* nearly stopped. After then, further decline in groundwater had little effect on the *P. euphratica*'s growth.

Key Words: the lower reaches of Tarim River; groundwater level; *Populus euphratica*; radial increment

塔里木河下游河段系指从尉犁县的卡拉至若羌的台特玛湖(尾间湖),主河道长约 428 km,地处塔克拉玛干沙漠与库鲁克沙漠之间。塔里木河下游是新疆乃至全国生态环境最为脆弱的地区之一,也是综合整治塔里木河流域生态环境、防治土地沙化的前沿地区。胡杨抗旱、耐盐、抵风沙,是干旱地区的优良树种,更是稳定塔里木河地区生态环境及防护林体系的中坚植被。研究地下水和胡杨的关系,对于制定林业规划、水利规划、维持水土平衡、促使生态良性循环、保持绿洲经济持续发展、保护生物多样性等都有重要意义^[1]。

目前关于地下水位与植被生长关系的研究主要集中在地下水对植被生长量的影响、植被生长合理地下水位的确定以及模拟两者之间的关系^[2-6],多数研究采用野外实验、调查、结合 GIS 技术定性描述地下水位与植被生长的关系,推测适合植被生长的合理地下水位,但定量两者之间关系的研究还较少^[2-6]。树木年轮水文学的应用研究则主要集中在树木年轮水文要素变化的响应和重建上^[7-11],虽然有学者对树枝年轮进行了研究^[16-19],但关于胡杨树树枝年轮与地下水位关系的研究还很少。

本文基于塔里木河下游不同河段固定样地的地下水位资料,结合年轮水文学,分析不同河段、离河道不同距离的地下水位变化与胡杨径向生长量的相互关系,进而建立胡杨径向生长量随地下水位变化的函数模型,定量分析地下水位与胡杨生长的关系,从数理统计学的角度来验证胡杨生长受到胁迫的水位区间和临界水位。

1 研究区概况

塔里木河流域是我国第一大内陆河流域,属大陆性暖温带荒漠干旱气候。该区域气候干燥,多风沙天气,年均温 10.8 ℃,平均降水量在 17—34 mm 之间,而平均年蒸发量高达 2408—2671 mm,是我国极端干旱地区之一。塔里木河下游河道荒漠河岸林的主要建群树种为胡杨(*Populus euphratica*),1972 年,大西海子水库建成以后,塔里木河下游河道断流,地下水位下降到 8—12 m,胡杨林的面积由 20 世纪 50 年代的 5.4 万 hm^2 减少到 70 年代的 1.64 万 hm^2 ,90 年代又减少到 0.67 万 hm^2 ^[20],下游地区的生态系统严重受损。

2 研究方法

2.1 地下水位资料获取

为了准确把握地下水位对植被的影响,自 2000 年 8 月起,在塔里木河中下游共布设了 12 个监测断面,其中下游 9 个、中游 3 个,断面之间的间距约 40 km,在每个断面上按一定间距布设地下水位观测井,共 58 口。研究选取塔里木河下游河段:亚合甫马汗(B)、英苏(C)、喀尔达依(E)和阿拉干(G)4 个典型断面的地下水位观测资料,并在观测井附近设置永久样地(图 1)。

2.2 树木年轮生长量的测量

在永久样地中随机地选取具有代表性的 3 棵胡杨,每棵树选取 3—4 个一级样枝,测量其径向生长量。采样时间为 2006 年 6 月。由于长期断流,塔里木河下游胡杨的树干普遍空朽,而 Willms 等的研究表明树枝生长可以作为反映地下水变化的敏感性指标^[21],故选取胡杨的一级样枝作为树木生长恢复和年轮分析研究的样本。在采集的样枝基部截取 1—2 cm 厚的圆盘,进行打磨、抛光、样品编号等预处理;采用交叉定年法定

年^[22],用 LINTAB 树木年轮分析仪器(分辨率 0.001mm,德国)测量样枝年轮宽度,应用 COFECHA 程序进行可靠性检验和 ARSTAN 程序进行生长量订正。

2.3 数据处理方法

地下水位数据是 2000—2005 年期间的年平均地下水位观测资料,胡杨年径向生长量值是取两个方向径向生长量的平均值。选取 2000—2005 年这一期间的胡杨径向生长量,观测井附近永久样地内选取的 3 棵胡杨径向生长量的均值对应观测井同年的地下水位,各年份的胡杨径向生长量与观测的地下水位一一对应。用 SPSS13.0 检验胡杨径向生长量与地下水位之间的相关性,并在 SigmaPlot 中拟合二者之间的关系,检验其拟合程度,结合 Excel 绘制胡杨径向生长量的变化速率曲线图。

3 结果与讨论

3.1 离河不同距离处的胡杨径向生长量与地下水位的关系

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,生态输水对不同河段的影响范围不同,总体表现为由上而下逐步递减的趋势^[23],即离水源地大西海子水库越远,生态输水的影响范围越小。随着间歇性线状生态输水的持续,塔里木河下游河道两侧区域地下水位的总趋势是上升的,但离河道不同距离处的地下水位上升幅度有所不同,离河道越近水位上升幅度越大,而离河道越远水位上升幅度越小^[24]。

从图 2 可以看出,在距离河道不同距离处,随着地下水位的下降,胡杨平均径向生长量逐渐减小,即地下水埋深越大,胡杨径向生长量越小,胡杨径向生长量的变化趋势和地下水位下降(负增长)的趋势相一致。

3.2 不同断面的胡杨径向生长量与地下水位的关系

塔里木河下游断流时间长、土壤含水率低、土地沙化严重,越到下游地区,生态系统退化越严重。受输水时间及输水量的影响,生态输水期间不同河段的地下水位抬升幅度不同。在塔河下游地区,随着输水距离的增加,地下水位的抬升幅度明显下降^[25],即生态系统退化越严重的地区,地下水位的抬升幅度越小。

研究选取的 B、C 断面处于中度退化阶段,E 断面处于重度退化阶段,G 断面处于极度退化阶段。从图 3 可以看出,在不同退化程度的生态系统中,随着地下水位的下降,胡杨平均径向生长量逐渐减少,即地下水埋深越大,胡杨径向生长量越小,胡杨径向生长量的变化趋势和地下水位下降(负增长)的趋势相一致。

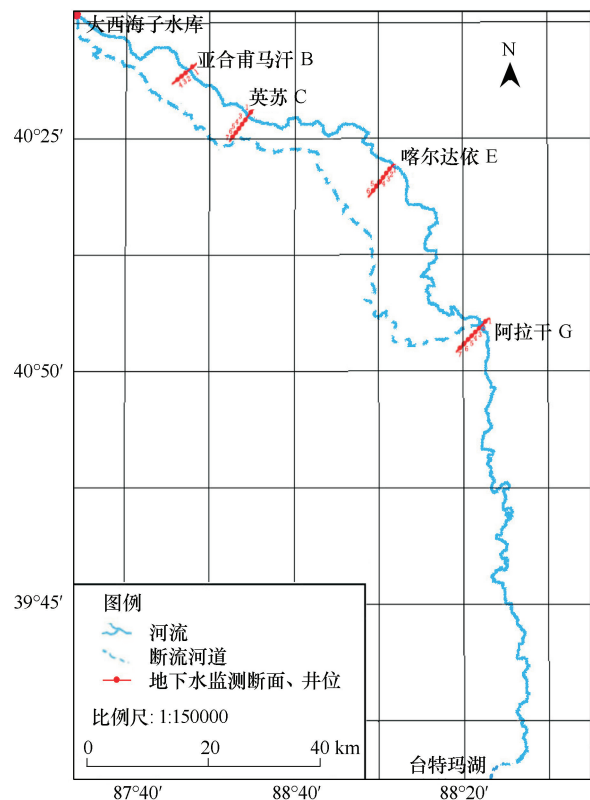


图 1 塔里木河下游输水河道及监测断面分布

Fig. 1 Map showing water routes of lower reaches of Tarim River and the distribution of monitoring sections

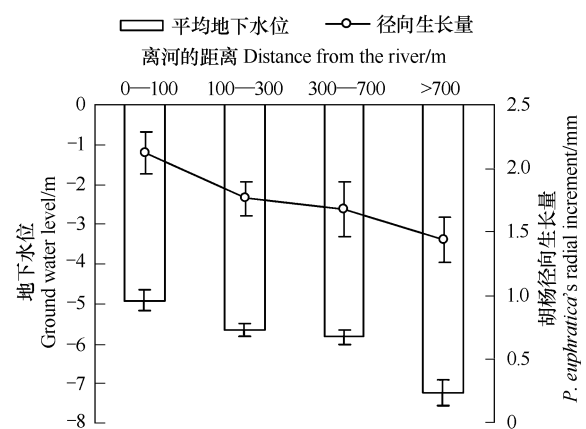


图 2 离河道不同距离处胡杨径向生长量与地下水位的关系

Fig. 2 The relationship between *P. euphratica*'s radial increment and groundwater level within different distances

3.3 胡杨与地下水位的回归关系模型

从以上的分析可知,胡杨径向生长量与地下水位存在一定的相关性,随着地下水位的下降,胡杨径向生长量逐渐减小(图4)。利用统计学的方法,计算 Pearson 相关系数,结果表明,胡杨径向生长量与地下水位之间存在极显著的负相关关系,相关系数为-0.858。在 $\alpha=0.01$ 的水平上,双尾检验 t 检验计算得到的 P 值为 0.0001,即相关系数在 0.01 的水平上达到极显著。

为了量化胡杨径向生长量与地下水位之间的关系,选用了 7 种线性或非线性函数模型,模拟两者之间的关系,其结果见表 1。判定系数 R^2 是综合度量回归模型拟合程度的指标,判定系数越大,模型拟合程度越高;判定系数越小,则模型对样本的拟合程度越差^[26]。

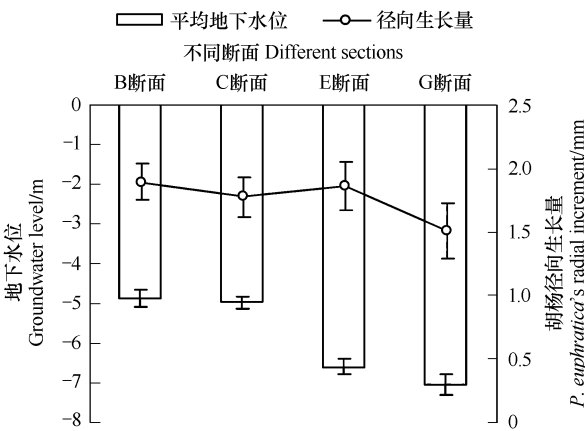


图3 不同断面胡杨径向生长量与地下水位的关系
Fig.3 The relationship of *P. euphratica*'s radial increment and groundwater level in different sections

表 1 胡杨径向生长量的回归模型
Table 1 Regression model of *P. euphratica*'s radial increment

模型 Model	回归方程 Regression equation	R^2	P
一元线性函数 Linear function	$Y = -0.343X + 3.860$	0.736	0.0001 **
二次函数 Quadratic function	$Y = 0.037X^2 - 0.751X + 4.755$	0.807	0.0001 **
三次函数 Cubic function	$Y = -0.010X^3 + 0.210X^2 - 1.587X + 5.747$	0.838	0.0001 **
四次函数 Quartic function	$Y = 0.003X^4 - 0.080X^3 + 0.731X^2 - 3.060X + 6.934$	0.857	0.0001 **
对数函数 Logarithmic function	$Y = 4.319 - 1.518\ln X$	0.845	0.0001 **
指数函数 Exponential function	$Y = 4.759e^{-0.186X}$	0.741	0.0001 **
幂函数 Power function	$Y = 5.309X^{-0.736}$	0.679	0.000 **

X 代表地下水位, Y 代表胡杨径向生长量, * 表示在 $\alpha=0.01$ 的水平上, 回归系数达到极显著水平

由表 1 可知,地下水位与胡杨径向生长量之间存在极显著的回归关系,7 种线性或非线性函数模型均能很好地模拟胡杨径向生长量随地下水位的变化,回归平方和与剩余平方和的差异在 $\alpha=0.01$ 的水平上均达到极显著水平。

综合分析各种函数模拟的胡杨径向生长量和地下水位的回归模型后发现:用四次多项式函数模拟的胡杨径向生长量和地下水位之间的关系,其拟合程度最高, R^2 值为 0.857, P 值为 0.0001;而幂函数的拟合程度最低, R^2 值为 0.679, P 值为 0.0001。

总体来看,用以上几种函数模拟的胡杨径向生长量与地下水位之间的回归关系,效果很好,回归平方和与剩余平方和的差异在 0.01 的水平上达到极显著,其中四次多项式是模拟地下水与胡杨径向生长量的最佳模拟函数,其判决系数 R^2 的值显示,胡杨径向生长量和地下水位拟合程度很高,这也从数理统计的角度验证了李江风等^[27]的研究成果,即地下水位是决定胡杨生长的关键因子。从图 4 胡杨径向生长量的拟合曲线可以直观地看出模拟的效果。

3.4 胡杨生长的胁迫水位和临界水位

函数的一阶导数反映了该曲线的变化率,二阶导数等于零,三阶导数不等于零的点是该曲线的拐点,曲线在拐点两侧的凹凸性发生了变化,即曲线的变化趋势和变化率均发生了变化。由上面的分析可知,四次多项式 $Y = 0.003X^4 - 0.080X^3 + 0.731X^2 - 3.060X + 6.934$ 是模拟地下水与胡杨径向生长量的最佳模拟函数,其判决系数 R^2 的值显示,该曲线模拟的胡杨径向生长量与地下水位之间的关系拟合程度最高。

为了更进一步地分析胡杨生长的胁迫水位和临界水位,对地下水位和胡杨径向生长量的最佳拟合曲线四次多项式函数求导,一阶导数 $Y' = 0.012X^3 - 0.240X^2 + 1.462X - 3.060$,二阶导数 $Y'' = 0.036X^2 - 0.480X + 1.462$,

二阶导数为零时, X 值(地下水位值)为 $X_1=4.71$ m, $X_2=8.62$ m(图 5)。

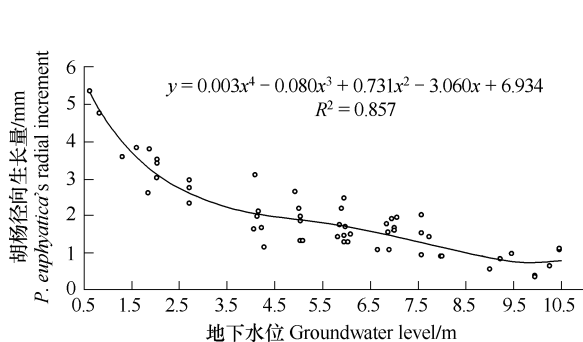


图 4 胡杨径向生长量的拟合曲线

Fig. 4 Fitting curve of *P. euphratica*'s radial increment

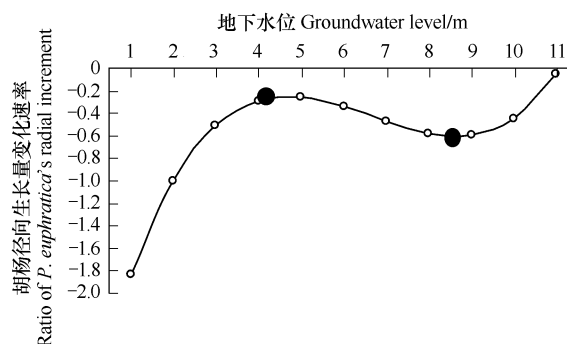


图 5 胡杨径向生长量的变化速率曲线

Fig. 5 Ratio curve of *P. euphratica*'s radial increment

从图 5 胡杨径向生长量的变化速率曲线可以看出,当地下水位在 0.5—11 m 的范围内时,模拟曲线的一阶导数即变化率均小于零,这表明模拟曲线是单调减函数,即随着地下水位的下降,胡杨径向生长量逐渐减小,但胡杨径向生长率的递减率不一样。地下水位在 0.50—4.71 m 的范围内时,胡杨径向生长量的递减率变化非常大,从 1.826 减小到 0.244,这表明在这一范围内,随着地下水位的上下浮动,胡杨的径向生长量的变化很大;当地下水位的波动范围在 4.71—8.62 m 时,胡杨生长出现胁迫,胡杨径向生长量的变化率有了微弱的增大,从 0.244 增加到 0.605,这表明,地下水位下降到 4.71 m 后,对胡杨生长有一定的胁迫作用,作为深根系的植物,胡杨开始逐渐适应深水位的的环境,胡杨的根开始向有水源存在的地下生长,随着胡杨对环境的适应,胡杨径向生长量的递减率有了微弱的增长;当地下水位下降超过 8.62 m 时,此时地下水位已不再适合胡杨生长,胡杨径向生长量的变化率也呈现出递减的趋势,而且下降速度很快,地下水位降到在 11 m 左右时,胡杨径向生长量的变化率只有 0.046,接近于 0,至此胡杨径向生长量的增长已经接近于 0,胡杨的长势则呈现出基本停滞的迹象。

樊自立等^[9]通过联系地下水位与生态环境状况,根据潜水蒸发与土壤盐渍化及荒漠化的关系,把适宜生态水位确定在 2—4 m;陈亚宁等^[10]通过分析塔河下游主要建群种胡杨在不同地下水位条件下的生理响应和适应性,探讨了塔里木河下游干旱环境下胡杨的合理生态位问题,结合样地调查结果,推测出塔里木河下游胡杨的合理生态水位埋深在 4 m 以内,9 m 以下为胡杨死亡的临界地下水位;徐海量等^[11]根据多年塔里木河下游地区的大量监测结果,分析了不同地下水位对植被的影响,通过建立地下水位与植被盖度和植物种类的回归模型,并结合胡杨的生理指标,得出塔里木河中下游地区草本植被生态恢复的最低水位为 3.5 m,而引起胡杨水分胁迫的地下水位出现在 5.0 m。本文通过建立地下水模拟胡杨生长的函数来定量研究地下水位与胡杨的生长关系。进而从数理统计学的角度验证了胡杨生长受到胁迫的水位区间和临界水位。

以上分析结果表明,胡杨生长的胁迫水位是 4.71 m,临界水位是 8.62 m,即当地下水位位于 0.5—4.71 m 的范围内时,胡杨生长状态最好;当地下水位的波动范围在 4.71—8.62 m 时,胡杨生长出现胁迫;当地下水位下降超过 8.62 m 时,胡杨将会呈现处衰败景象。

4 结论

通过分析离河不同距离处及处于不同衰退阶段的胡杨径向生长量与地下水的相互关系,可得到以下几点结论:

(1) 随着地下水位的下降,胡杨径向生长量的均值逐渐减小,即地下水埋深越大,胡杨径向生长量越小,胡杨径向生长量的变化趋势和地下水位下降(负增长)的趋势相一致。经统计分析可知,胡杨径向生长量与地下水位之间存在极显著的负相关关系,相关系数为 -0.860,并在 0.01 的水平上达到极显著。

(2) 胡杨径向生长量与地下水位之间存在极显著的回归关系,综合分析各种函数模拟的胡杨径向生长量

和地下水位的回归模型后发现:四次多项式 $Y=0.003X^4-0.080X^3+0.731X^2-3.060X+6.934$ 是模拟地下水与胡杨径向生长量的最佳模拟函数,判定系数 R^2 最大,为 0.857,表明胡杨径向生长量和地下水位拟合程度很高。

(3)通过对最佳模拟函数求一阶导数——得变化率曲线,结合其二阶导数——得模拟曲线的拐点,经分析可知:胡杨生长的胁迫水位是 4.71 m,临界水位是 8.62 m。当地下水位位于 0.5—4.71 m 的范围内时,胡杨生长状态最好,该范围内,随着地下水位的下降,胡杨径向生长量的变化率递减;地下水位下降到 4.71 m 后,对胡杨生长有一定的胁迫作用,地下水位在 4.71—8.62 m 的范围内波动时,胡杨开始适应深水环境,径向生长量的变化率有一定的增长;当地下水位下降超过 8.62 m 时,胡杨将会呈现处衰败景象,此时,胡杨径向生长量的变化率逐渐向 0 接近,胡杨生长趋向停止,地下水位的变化对胡杨径向生长的影响很小。

References:

- [1] Song Y D, Fan Z L, Lei Z D, Zhang F W. Research on Water Resources and Ecology of Tarim River, China. Urumqi: Xinjiang People's Press, 2000: 216-244.
- [2] Wang G X, Cheng G D. Water demand of eco-system and estimate method in arid inland river basin. *Journal of Desert Research*, 2002, 22(2): 129-134.
- [3] Zhang L, Dong Z C, Huang X L. Modeling on relation between major plants growth and groundwater depth in arid area. *Journal of Desert Research*, 2004, 24(1): 110-113.
- [4] Jiang X H, Liu C M. The response of vegetation to water transport in the lower reaches of the Heihe River. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(7): 791-797.
- [5] Wang F, Liang R J, Yang X L, Chen M J. A study of ecological water requirements in northwest China I: theoretical analysis. *Journal of Natural Resources*, 2002, 17(1): 1-8.
- [6] Zhao C Y, Li S B, Jia Y H, Jiang Y C. Dynamic changes of groundwater level and vegetation in water table fluctuant belts in lower reaches of Heihe River: Coupling simulation. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(12): 2687-2692.
- [7] Lu L P, Zhao C Y. Study on the spatial change of the different desert vegetation index based on Modis data a case study of Sangong River Basin. *Arid Land Geography*, 2005, 28(3): 381-385.
- [8] Jin X M, Liu J T. Study on the relationship between groundwater and vegetation growth in lower Heihe Riverregion. *Advances in Science and Technology of Water Resource*, 2009, 29(1): 1-4.
- [9] Fan Z L, Ma Y J, Zhang H, Wang R H, Zhao Y J, Zhou H F. Research of eco-water table and rational depth of groundwater of Tarim River Drainage Basin. *Arid Land Geography*, 2004, 27(1): 8-13.
- [10] Chen Y N, Wang Q, Li W H, Ruan X, Chen Y P, Zhang L H. A reasonable characterization of groundwater by physiological ecology of begetation data — a case study of ecological restoration at the lower reaches of Tarim River. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(Supplement 1): 7-13.
- [11] Xu H L, Song Y D, Wang Q, Ai M. The effect of groundwaterlevel on vegetation in the middle and lower reaches of the Tarim river, Xinjiang, China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(3): 400-405.
- [12] Woodhouse C. Tree-ring reconstructions of circulation indices. *Climate Research*, 1997, 8(2): 117-127.
- [13] Shao X M, Wu X D. Reconstruction of climate change on Changbai Mountain, Northeast China using tree-ring data. *Quaternary Sciences*, 1997, 1: 76-85.
- [14] Viera P, Zuzana J, Jan M. Growth of the dominant woody plants of floodplain communities in the changing hydrological and climatic conditions. *Wood Research*, 2009, 54(1): 23-36.
- [15] Yuan Y J, Ye W, Dong G R. Reconstruction and discussion of 314 a precipitation in Yili prefecture, Western Tianshan Mountains. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2000, 22(2): 121-127.
- [16] Copenheaver C A, Hendrick L E, Houchins J W, Pearce C D. Changes in growth and dendroclimatic response of trees growing along an artificial lake. *American Midland Naturalist*, 2010, 163(1): 134-145.
- [17] Reukema D L. Missing annual rings in branches of young-growth Douglas-fir. *Ecology*, 1959, 40(3): 480-482.
- [18] Roberts S D. The occurrence of non-ring producing branches in *Abies lasiocarpa*. *Trees*, 1994, 8: 263-267.
- [19] Makinen H. Effect of stand density on radial growth of branches of Scots pine in southern and central Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 1999, 29(8): 1216-1224.
- [20] Li W H, Hao X M, Qin X W, Chen Y N, Huang X. Ecological process of desert riparian forest communities and its hydrological mechanism of

- island river basin in arid area. *Journal of Desert Research*, 2008, 28(6): 1113-1117.
- [21] Willms J, Rood S B, Willms W, Tyree M. Branch growth of riparian cottonwoods: a hydrologically sensitive dendrochronological tool. *Trees*, 1998, 12(4): 215-223.
- [22] Ma L M, Hu Z G. Cross-dating technology in dendrochronology in arid region. *Journal of Xi'an Engineering University*, 2002, 24(3): 7-11.
- [23] Xu H L, Chen Y N, Yang G. Effect of translating water on vegetation at the lower reaches of Tarim River. *Chinese Journal of Environmental Science*, 2003, 24(4): 18-22.
- [24] Alim T R S, Xu W Y. Study on the groundwater movement in the vicinities along the river channel of stream water transportation to the lower reaches of Tarim River, Xinjiang. *Arid Land Geography*, 2003, 26(2): 129-135.
- [25] Xu H L, Song Y D, Chen Y N. Dynamic change of groundwater after ecological water transport at the lower reaches of Tarim River. *China Environmental Science*, 2003, 23(3): 327-331.
- [26] Mi H, Zhang W Z. *Statistical Analysis Methods and Practical Application of SPSS*. Beijing: Contemporary China Publishing House, 2000: 131-132.
- [27] Li J F, Yuan Y J, You X Y. *Study and Application of Hydrology of Tree Annual Ring*. Beijing: Science Press, 2000.

参考文献:

- [1] 宋郁东, 樊自立, 雷志栋, 张发旺. 中国塔里木河水资源与生态问题研究. 新疆: 新疆人民出版社, 2000: 217-233.
- [2] 王根绪, 程国栋. 干旱内陆流域生态需水量及其估算——以黑河流域为例. *中国沙漠*, 2002, 22(2): 129-134.
- [3] 张丽, 董增川, 黄晓玲. 干旱区典型植物生长与地下水位关系的模型研究. *中国沙漠*, 2004, 24(1): 110-113.
- [4] 蒋晓辉, 刘昌明. 黑河下游植被对调水的响应. *地理学报*, 2009, 64(7): 791-797.
- [5] 王芳, 梁瑞驹, 杨小柳, 陈敏建. 中国西北地区生态需水研究(1)——干旱半干旱地区生态需水理论分析. *自然资源学报*, 2002, 17(1): 1-8.
- [6] 赵传燕, 李守波, 贾艳红, 姜云超. 黑河下游地下水波动带地下水与植被动态耦合模拟. *应用生态学报*, 2008, 19(12): 2687-2692.
- [7] 卢丽萍, 赵成义. 基于 modis 数据不同荒漠植被指数的空间变化研究——以新疆三工河流域为例. *干旱区地理*, 2005, 28(3): 381-385.
- [8] 金晓媚, 刘金韬. 黑河下游地区地下水与植被生长的关系. *水利水电科技进展*, 2009, 29(1): 1-4.
- [9] 樊自立, 马英杰, 张宏, 王让会, 赵元杰, 周宏飞. 塔里木河流域生态地下水位及其合理深度确定. *干旱区地理*, 2004, 27(1): 8-13.
- [10] 陈亚宁, 王强, 李卫红, 阮晓, 陈亚鹏, 张丽华. 植被生理生态学数据表征的合理地下水位研究——以塔里木河下游生态恢复过程为例. *科学通报*, 2006, 51(增刊1): 7-13.
- [11] 徐海量, 宋郁东, 王强, 艾合买提. 塔里木河中下游地区不同地下水位对植被的影响. *植物生态学报*, 2004, 28(3): 400-405.
- [13] 邵雪梅, 吴祥定. 利用树轮资料重建长白山过去气候变化. *第四纪研究*, 1997, 1: 76-85.
- [15] 袁玉江, 叶玮, 董光荣. 天山西部伊犁地区 314 a 降水的重建与分析. *冰川冻土*, 2000, 22(2): 121-127.
- [20] 李卫红, 郝兴明, 覃新闻, 陈亚宁, 黄湘. 干旱区内陆河流域荒漠河岸林群落生态过程与水文机制研究. *中国沙漠*, 2008, 28(6): 1113-1117.
- [22] 马利民, 胡振国. 干旱区树轮年代学研究中的交叉定年技术. *西安工程学院学报*, 2002, 24(3): 7-11.
- [23] 徐海量, 陈亚宁, 杨戈. 塔里木河下游生态输水对植被和地下水位的影响. *环境科学*, 2003, 24(4): 18-22.
- [24] 阿里木·吐尔逊, 徐卫亚. 塔里木河下游生态输水河道两侧区域地下水运动规律研究. *干旱区地理*, 2003, 26(2): 129-135.
- [25] 徐海量, 宋郁东, 陈亚宁. 生态输水后塔里木河下游地下水的动态变化. *中国环境科学*, 2003, 23(3): 327-331.
- [26] 米红, 张文璋. *实用现代统计分析方法与 SPSS 应用*. 北京: 当代中国出版社, 2000: 131-132.
- [27] 李江风, 袁玉江, 由希尧. *树轮水文学的研究及其应用*. 北京: 科学出版社, 2000.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 8 April, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

The relationship between <i>Populus euphratica</i> 's radial increment and groundwater level at the lower reach of Tarim River	AN Hongyan, XU Hailiang, YE Mao, et al (2053)
Influence of elevation factor on soil profile texture configuration: a case study of the alluvial plain of Fengqiu County	TAN Manzhi, MI Shuxiao, LI Kaili, et al (2060)
Effects of ozone on AsA-GSH cycle in soybean leaves	WANG Junli, WANG Yan, ZHAO Tianhong, et al (2068)
The effects of physical and chemical factors on the growth and lipid production of <i>Chlorella</i>	ZHANG Guiyan, WEN Xiaobin, LIANG Fang, et al (2076)
Response of net productivity of masson pine plantation to climate change in North Subtropical Region	CHENG Ruimei, FENG Xiaohui, XIAO Wenfa, et al (2086)
Soil respiration of <i>Zoysia matrella</i> turfgrass in subtropics	LI Xibo, YANG Yusheng, ZENG Hongda, et al (2096)
Effect of UV-B radiation on the leaf litter decomposition and nutrient release of <i>Pinus massoniana</i>	SONG Xinzhang, ZHANG Huiling, JIANG Hong, et al (2106)
Physiological ecological effect of endophyte infection on <i>Achnatherum sibiricum</i> under drought stress	HAN Rong, LI Xia, REN Anzhi, et al (2115)
Zinc Tolerance and Accumulation Characteristics of <i>Armillaria mellea</i>	ZHU Lin, CHENG Xianhao, LI Weihuan, et al (2124)
Expansion strategies of <i>Caragana stenophylla</i> in the arid desert region	ZHANG Jianhua, MA Chengchang, LIU Zhihong, et al (2132)
Effects of mixed plant residues from the Loess Plateau on microbial biomass carbon and nitrogen in soil	WANG Chunyang, ZHOU Jianbin, XIA Zhimin, et al (2139)
Survival strategy of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Agropyron cristatum</i> in typical steppe of Inner Mongolia	SUN Jian, LIU Miao, LI Shengcong, et al (2148)
Spatial distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in <i>Salix psammophila</i> root-zone soil in Inner Mongolia desert	HE Xueli, YANG Jing, ZHAO Lili (2159)
An experimental study on the the effects of different diurnal warming regimes on single cropping rice with Free Air Temperature Increased (FATI) facility	DONG Wenjun, DENG Aixin, ZHANG Bin, et al (2169)
Endophytic bacterial diversity in <i>Achnatherum inebrians</i> by culture-independent approach	ZHANG Xuebing, SHI Yingwu, ZENG Jun, et al (2178)
Hierarchical Partial Least Squares (Hi_PLS) model analysis of the driving factors of Henan's Ecological Footprint (EF) and its development strategy	JIA Junsong (2188)
Evaluation on spatial distribution of soil salinity and soil organic matter by indicator Kriging in Yucheng City	YANG Qiyong, YANG Jinsong, YU Shipeng (2196)
The toxicity of lupeol of <i>Inula britannica</i> on <i>Tetranychus cinnabarinus</i> and its effects on mite enzyme activity	DUAN Dandan, WANG Younian, CHENG Jun, et al (2203)
Abundance and biodiversity of ammonia-oxidizing archaea and bacteria in littoral wetland of Baiyangdian Lake, North China	YE Lei, ZHU Guibing, WANG Yu, et al (2209)
Changes of leaf water potential and water absorption potential capacities of six kinds of seedlings in Karst mount area under different drought stress intensities: Taking six forestation seedlings in karst Mountainous region for example	WANG Ding, YAO Jian, YANG Xue, et al (2216)
Comparison of structure and species diversity of <i>Eucalyptus</i> community	LIU Ping, QIN Jing, LIU Jianchang, et al (2227)
Ecosystem services valuation of the Haihe River basin wetlands	JIANG Bo, OUYANG Zhiyun, MIAO Hong, et al (2236)
Effects of <i>Phragmites australis</i> on methane emission from a brackish estuarine wetland	MA Anna, LU Jianjian (2245)
Genetic differentiation and the characteristics of uptake and accumulation of lead among <i>Camellia sinensis</i> populations under different background lead concentrations of soils in Yunnan, China	LIU Shengchuan, DUAN Changqun, LI Zhenhua, et al (2253)
Comparison of zooplankton lists between <i>Coilia mystus</i> food contents and collections from the Yangtze River Estuary & Hangzhou Bay	LIU Shouhai, XU Zhaoli (2263)
Reconstruction and analysis of July-September precipitation in Mt. Dagangshan, China	QIAO Lei, WANG Bing, GUO Hao, et al (2272)
Analysis on economic and ecological benefits of no-tillage management of <i>Carya cathayensis</i>	WANG Zhengjia, HUANG Xingzhao, TANG Xiaohua, et al (2281)
GIS-based analysis of the accessibility of urban forests in the central city of Guangzhou, China	ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (2290)
Review and Monograph	
Impact factors and uncertainties of the temperature sensitivity of soil respiration	YANG Qingpeng, XU Ming, LIU Hongsheng, et al (2301)
The advance of allometric studies on plant metabolic rates and biomass	CHENG Dongliang, ZHONG Quanlin, LIN Maozi, et al (2312)
Practice and the research progress on eco-compensation for cultivated land	MA Aihui, CAI Yinying, ZHANG Anlu (2321)
Discussion	
Soil water holding capacities and infiltration characteristics of three vegetation restoration models in dry-hot valley of Yuanmou	LIU Jie, LI Xianwei, JI Zhonghua, et al (2331)
Scientific Note	
Effects of secondary, micro- and beneficial elements on rice growth and cadmium uptake	HU Kun, YU Hua, FENG Wenqiang, et al (2341)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任:孔红梅

执行编辑:刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 8 期 (2011 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 8 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元