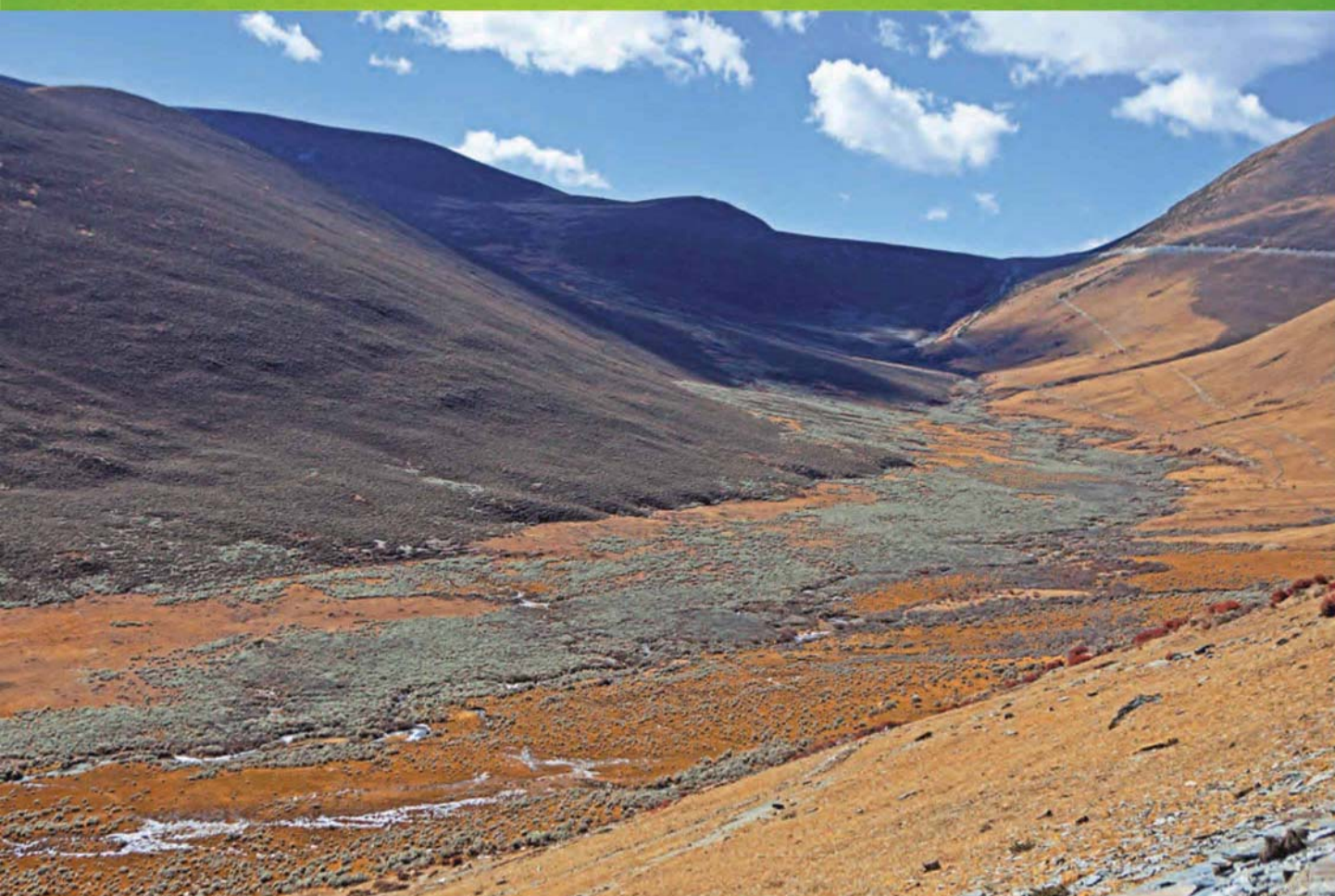


ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica

中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 18 期 Vol.33 No.18 **2013**

中国生态学会  
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 33 卷 第 18 期      2013 年 9 月    (半月刊)

## 目 次

### 中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

- 美国农业生态学发展综述 ..... 黄国勤, Patrick E. McCullough (5449)
- 水足迹研究进展 ..... 马 晶, 彭 建 (5458)
- 江西省主要作物(稻、棉、油)生态经济系统综合分析评价 ..... 孙卫民, 欧一智, 黄国勤 (5467)
- 植物干旱胁迫下水分代谢、碳饥饿与死亡机理 ..... 董 蕾, 李吉跃 (5477)
- 生态化学计量学特征及其应用研究进展 ..... 曾冬萍, 蒋利玲, 曾从盛, 等 (5484)
- 三峡库区紫色土植被恢复过程的土壤团粒组成及分形特征 ..... 王轶浩, 耿养会, 黄仲华 (5493)
- 城市不同地表覆盖类型对土壤呼吸的影响 ..... 付芝红, 呼延佼奇, 李 锋, 等 (5500)
- 华南地区 3 种具有不同入侵性的近缘植物对低温胁迫的敏感性 ..... 王宇涛, 李春妹, 李韶山 (5509)
- 沙丘稀有种准噶尔无叶豆花部综合特征与传粉适应性 ..... 施 翔, 刘会良, 张道远, 等 (5516)
- 水浮莲对水稻竞争效应、产量与土壤养分的影响 ..... 申时才, 徐高峰, 张付斗, 等 (5523)
- 珍稀药用植物白及光合与蒸腾生理生态及抗旱特性 ..... 吴明开, 刘 海, 沈志君, 等 (5531)
- 不同温度及二氧化碳浓度下培养的龙须菜光合生理特性对阳光紫外辐射的响应 ..... 杨雨玲, 李 伟, 陈伟洲, 等 (5538)
- 土壤氧气可获得性对双季稻田温室气体排放通量的影响 ..... 秦晓波, 李玉娥, 万运帆, 等 (5546)
- 免耕稻田氮肥运筹对土壤  $\text{NH}_3$  挥发及氮肥利用率的影响 ..... 马玉华, 刘 兵, 张枝盛, 等 (5556)
- 香梨两种树形净光合速率特征及影响因素 ..... 孙桂丽, 徐 敏, 李 疆, 等 (5565)
- 沙埋对沙米幼苗生长、存活及光合蒸腾特性的影响 ..... 赵哈林, 曲 浩, 周瑞莲, 等 (5574)
- 半干旱区旱地春小麦全膜覆土穴播对土壤水热效应及产量的影响 ..... 王红丽, 宋尚有, 张绪成, 等 (5580)
- 基于 Le Bissonnais 法的石漠化区桑树地埂土壤团聚体稳定性研究 ..... 汪三树, 黄先智, 史东梅, 等 (5589)
- 不同施肥对雷竹林径流及渗漏水中氮形态流失的影响 ..... 陈裴裴, 吴家森, 郑小龙, 等 (5599)
- 黄土丘陵区不同植被土壤氮素转化微生物生理群特征及差异 ..... 邢肖毅, 黄懿梅, 安韶山, 等 (5608)
- 黄土丘陵区植被类型对土壤微生物量碳氮磷的影响 ..... 赵 彤, 闫 浩, 蒋跃利, 等 (5615)
- 林地覆盖对雷竹林土壤微生物特征及其与土壤养分制约性关系的影响 ..... 郭子武, 俞文仙, 陈双林, 等 (5623)
- 降雨对草地土壤呼吸季节变异性的影响 ..... 王 旭, 闫玉春, 闫瑞瑞, 等 (5631)
- 基于土芯法的亚热带常绿阔叶林细根空间变异与取样数量估计 ..... 黄超超, 黄锦学, 熊德成, 等 (5636)
- 4 种高大树木的叶片性状及 WUE 随树高的变化 ..... 何春霞, 李吉跃, 孟 平, 等 (5644)
- 干旱荒漠区银白杨树干液流动态 ..... 张 俊, 李晓飞, 李建贵, 等 (5655)
- 模拟增温和不同凋落物基质质量对凋落物分解速率的影响 ..... 刘瑞鹏, 毛子军, 李兴欢, 等 (5661)
- 金沙江干热河谷植物叶片元素含量在地表凋落物周转中的作用 ..... 闫帮国, 纪中华, 何光熊, 等 (5668)
- 温带 12 个树种新老树枝非结构性碳水化合物浓度比较 ..... 张海燕, 王传宽, 王兴昌 (5675)
- 断根结合生长素和钾肥施用对烤烟生长及糖碱比、有机钾指数的影响 ..... 吴彦辉, 薛立新, 许自成, 等 (5686)
- 光周期和高脂食物对雌性高山姬鼠能量代谢和产热的影响 ..... 高文荣, 朱万龙, 孟丽华, 等 (5696)
- 绿原酸对凡纳滨对虾抗氧化系统及抗低盐度胁迫的影响 ..... 王 芸, 李 正, 李 健, 等 (5704)

|                                                                                    |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 基于盐分梯度的荒漠植物多样性与群落、种间联接响应 .....                                                     | 张雪妮,吕光辉,杨晓东,等 (5714) |
| 广西马山岩溶植被年龄序列的群落特征.....                                                             | 温远光,雷丽群,朱宏光,等 (5723) |
| 戴云山黄山松群落与环境的关联.....                                                                | 刘金福,朱德煌,兰思仁,等 (5731) |
| 四川盆地亚热带常绿阔叶林不同物候期凋落物分解与土壤动物群落结构的关系.....                                            | 王文君,杨万勤,谭 波,等 (5737) |
| 中亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤活性有机碳含量及季节动态.....                                                 | 范跃新,杨玉盛,杨智杰,等 (5751) |
| 塔克拉玛干沙漠腹地人工植被及土壤 C N P 的化学计量特征 .....                                               | 李从娟,雷加强,徐新文,等 (5760) |
| 鄱阳湖小天鹅越冬种群数量与行为学特征.....                                                            | 戴年华,邵明勤,蒋丽红,等 (5768) |
| 营养盐加富和鱼类添加对浮游植物群落演替和多样性的影响.....                                                    | 陈 纯,李思嘉,肖利娟,等 (5777) |
| 西藏达则错盐湖沉积背景与有机沉积结构.....                                                            | 刘沙沙,贾沁贤,刘喜方,等 (5785) |
| 西藏草地多项供给及调节服务相互作用的时空演变规律.....                                                      | 潘 影,徐增让,余成群,等 (5794) |
| 太湖水体溶解性氨基酸的空间分布特征.....                                                             | 姚 昕,朱广伟,高 光,等 (5802) |
| 基于遥感和 GIS 的巢湖流域生态功能分区研究.....                                                       | 王传辉,吴 立,王心源,等 (5808) |
| 近 20 年来东北三省春玉米物候期变化趋势及其对温度的时空响应 .....                                              | 李正国,杨 鹏,唐华俊,等 (5818) |
| 鄱阳湖湿地景观恢复的物种选择及其对环境因子的响应.....                                                      | 谢冬明,金国花,周杨明,等 (5828) |
| 珠三角河网浮游植物生物量的时空特征.....                                                             | 王 超,李新辉,赖子尼,等 (5835) |
| 南京市景观时空动态变化及其驱动力 .....                                                             | 贾宝全,王 成,邱尔发 (5848)   |
| 川西亚高山-高山土壤表层有机碳及活性组分沿海拔梯度的变化 .....                                                 | 秦纪洪 王 琴 孙 辉 (5858)   |
| 城市森林碳汇及其抵消能源碳排放效果——以广州为例.....                                                      | 周 健,肖荣波,庄长伟,等 (5865) |
| 基于机器学习模型的沙漠腹地地下水含盐量变化过程及模拟研究.....                                                  | 范敬龙,刘海龙,雷加强,等 (5874) |
| 干旱区典型绿洲城市发展与水资源潜力协调度分析 .....                                                       | 夏富强,唐 宏,杨德刚,等 (5883) |
| 海岸带区域综合承载力评估指标体系的构建与应用——以南通市为例.....                                                | 魏 超,叶属峰,过仲阳,等 (5893) |
| 中街山列岛海洋保护区鱼类物种多样性 .....                                                            | 梁 君,徐汉祥,王伟定 (5905)   |
| 丰水期长江感潮河口段网采浮游植物的分布与长期变化.....                                                      | 江志兵,刘晶晶,李宏亮,等 (5917) |
| 基于生态网络的城市代谢结构模拟研究——以大连市为例.....                                                     | 刘耕源,杨志峰,陈 彬,等 (5926) |
| 保护区及周边居民对野猪容忍性的影响因素——以黑龙江凤凰山国家级自然保护区为例.....                                        | 徐 飞,蔡体久,琚存勇,等 (5935) |
| 三江源牧户参与草地生态保护的意愿.....                                                              | 李惠梅,张安录,王 珊,等 (5943) |
| 沈阳市降雨径流初期冲刷效应.....                                                                 | 李春林,刘 淼,胡远满,等 (5952) |
| 期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 514 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 59 * 2013-09 |                      |



**封面图说:** 川西高山地带土壤及植被——青藏高原东缘川西的高山地带坡面上为草地,沟谷地带由于低平且水分较充足,生长有很多灌丛。川西地区大约在海拔 4000m 左右为林线,以下则分布有亚高山森林。亚高山森林是以冷、云杉属为建群种或优势种的暗针叶林为主体的森林植被。作为高海拔低温生态系统,高山-亚高山地带土壤碳被认为是我国重要的土壤碳库。有研究表明,易氧化有机碳含量与海拔高度呈显著正相关,显示高海拔有利于土壤碳的固存。因而,这里的表层土壤总有机碳含量随着海拔的升高而增加。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201305060952

张俊, 李晓飞, 李建贵, 王华, 黄春堂, 闵首军, 李刚, 张福海, 田旭, 孔军. 干旱荒漠区银白杨树干液流动态. 生态学报, 2013, 33(18): 5655-5660.

Zhang J, Li X F, Li J G, Wang H, Huang C T, Min S J, Li G, Zhang F H, Tian X, Kong J. Sap flow dynamics of *Populus alba* L. × *P. talassica* plantation in arid desert area. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(18): 5655-5660.

## 干旱荒漠区银白杨树干液流动态

张 俊<sup>1</sup>, 李晓飞<sup>2</sup>, 李建贵<sup>1,\*</sup>, 王 华<sup>3</sup>, 黄春堂<sup>3</sup>, 闵首军<sup>3</sup>,  
李 刚<sup>3</sup>, 张福海<sup>3</sup>, 田 旭<sup>3</sup>, 孔 军<sup>3</sup>

(1. 新疆农业大学林业研究所, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆油田公司白碱滩物业管理公司, 克拉玛依 834008;

3. 新疆油田公司造林减排作业区, 克拉玛依 834000)

**摘要:**应用热扩散式树干茎流计(TDP)于2012年7月1日至7月25日,在克拉玛依地区农业开发区对银白杨(*Populus alba* L. × *P. talassica*)人工林树干液流速率进行了连续测定,并对气象、土壤水分等指标进行了同步测定。结果表明:7月份的晴天银白杨树干液流速率日变化呈单峰型,阴天呈多峰型,在测量时期液流速率日平均值为0.6059 L/h;银白杨树干单位边材面积的液流速率与太阳总辐射、大气温度、水汽压差呈极显著正相关关系,与相对湿度呈负相关关系。其相关系数绝对值顺序为太阳总辐射>大气温度>水汽压差>相对湿度>风速;银白杨边材面积与胸径之间存在着显著的线性相关关系,相关系数为0.834,单位边材面积的液流速率随树干胸径的增大而减小。

**关键词:**气象因子;干旱荒漠区;银白杨;树干液流

## Sap flow dynamics of *Populus alba* L. × *P. talassica* plantation in arid desert area

ZHANG Jun<sup>1</sup>, LI Xiaofei<sup>2</sup>, LI Jianguai<sup>1,\*</sup>, WANG Hua<sup>3</sup>, HUANG Chuntang<sup>3</sup>, MIN Shoujun<sup>3</sup>, LI Gang<sup>3</sup>, ZHANG Fuhai<sup>3</sup>, TIAN Xu<sup>3</sup>, KONG Jun<sup>3</sup>

1 Institute of Forestry, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, China

2 The Business and Management Company of Baijiantan, The Oilfield Company of Xinjiang, Karamay 834008, China

3 Operation Area of Afforestation and Emission Reduction, The Oilfield Company of Xinjiang, Karamay 834000, China

**Abstract:** A thermal dissipation probe (TDP) was used to measure the sap flow dynamics of *Populus alba* L. × *P. talassica* in the agricultural development zones of Karamay during July 1-25, 2012. Soil moisture, total radiation (*TR*), air temperature, relative humidity, water vapor pressure deficit (*VPD*) and wind speed were measured at the same time. The results showed that: Diurnal variation of the sap flow displayed a single peaked curve on sunny days, while it displayed a multi-peaked curves on cloudy days. The average value of sap flow was 0.6059 L/h. Sap flow velocity per unit sapwood area was significantly correlated with *TR*, air temperature, and *VPD* and was negatively correlated with atmospheric relative humidity. The ranking of correlation coefficients was *TR*>air temperature>*VPD*>relative humidity>wind speed. Sapwood area and diameter at breast height (*DBH*) were significantly correlated ( $r=0.834$ ), and the sap-flow velocity per unit sapwood area decreased with increasing stem diameter at breast height (*DBH*).

**Key Words:** climatic factors; arid desert area; *Populus alba* L. × *P. talassica*; sap flow

土壤-植物-大气系统(SPAC)是地球表层中物质转化和能量循环较为强烈的活动层。水的运动在这一系统中最为活跃,而蒸散(包括土壤蒸发、植被蒸腾)在水分运动过程中又起着极其重要的作用,它是水量平衡和能量平衡的重要组成部分,同时与植物的生理活动及生物产量的形成联系密切。因此,蒸散问题一直是农学、气象、水文、土壤、自然地理等相关领域共同关注的

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(2008BAD95B07);国家林业公益性行业科研专项项目(201004004)

收稿日期:2013-05-06; 修订日期:2013-07-03

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lijiaogui1971@163.com

重要课题。自 1999 年起,干旱荒漠区不断地营造农林复合系统,用以改善生态,优化环境。随着农业面积不断扩大,防护林面积也在不断增加,干旱荒漠区水资源短缺问题日益严重。因此,对于干旱荒漠区防护林树种蒸腾耗水的研究有十分重要的意义。

银白杨(*Populus alba* L.×*P. talassica*)杨柳科杨属木本乔木,具有耐寒、耐旱、耐风蚀和耐盐碱等特点,在我国西北干旱荒漠区广泛种植,是土壤改良、荒漠化防治和水土保持的重要造林树种。国内外许多学者针对不同品种的杨树的树干液流及其与影响因子的关系做了相关研究<sup>[1-8]</sup>,但利用 TDP 热扩散探针法对银白杨的树干液流及其与影响因子的关系的研究尚未见报道。为此本文选择干旱荒漠区农田防护林的主要建群树种银白杨,于 2012 年 7 月采用 TDP 热扩散探针法测定了银白杨的液流速率,探讨了 7 月份银白杨的水分变化规律及其与环境因子的内在关系,揭示干旱荒漠区银白杨水分利用规律及其与适应环境因子的内在机理,以期在水资源短缺的克拉玛依地区植被重建与恢复中低耗水树种的选择、科学种植的确提供理论依据。

## 1 研究区概况

试验地位于克拉玛依地区农业开发区灵芝基地(45°22′—45°40′N,84°50′—85°20′E)。试验区西北方向为准噶尔西部山地的加依尔山及成吉思汗山,地势东北低西南高,东北部海拔高程在 258—260 m,西南部海拔高程在 273—280 m,自然坡降为 0.26‰,属于典型的大陆性干旱荒漠气候,夏季高温炎热,冬季严寒。全年日照时数为 2704.0 h,年平均气温 8.6℃,年平均风速为 3.2 m/s,年潜在蒸散量为 1492.0 mm,年降水量为 108.9 mm,无霜期长达 180—220 d。试验区地下水埋深 8.82 m。试验区林带内生长着盐生草(*Halogeton glomeratus*)、白茎盐生草(*Halogeton arachnoideus*)、角果藜(*Ceratocarpus*)和涩芥(*Malcolmia africana*)等地被植物。

## 2 研究对象与方法

研究对象为银白杨人工林,树龄为 9a,株行距为 2 m×4 m,造林密度为 1891 株/hm<sup>2</sup>。林带内土壤为沙质壤土,土层厚度为 30 cm 左右。在林中选取 25 m×25 m 的标准样地,在样地内选取树干通直、生长良好、无被挤压、不同径阶的银白杨 4 株。

### 2.1 树干液流的测定

于 2012 年 7 月 1 日至 7 月 25 日,在以上 4 棵树的东、西、南、北 4 个方向胸径处,利用 FLGS-TDP 插针式植物茎流计(美国 Dynamax 公司生产)进行树干液流的连续监测,其原理是热扩散法。对于仪器的安装调试和热扩散法原理见参考文献<sup>[9-10]</sup>。将每棵树东西南北 4 个方向液流平均作为该树液流值。数据采集器为 Data logger,传感器(探针)长度为 30 mm。尽量减少生长锥对被测样木测定数据造成影响,在被测样木的周围分别选取 7 棵与被测树胸径接近的树木,用生长锥量取其心材、边材尺寸,平均后得到边材面积(表 1)。

表 1 被测样木的基本参数  
Table 1 Basic parameters of samples

| 样木序号<br>Sample tree No. | 树龄<br>Tree age/a | 树高<br>The height/m | 胸径(去皮)<br>Diameter at breast height<br>(DBH, without bark)/cm | 边材厚度<br>Sapwood width/cm | 边材面积<br>Sapwood area/cm <sup>2</sup> |
|-------------------------|------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1                       | 9                | 19.6               | 22.5                                                          | 3                        | 183.71                               |
| 2                       | 9                | 19.7               | 24.8                                                          | 3.2                      | 184.54                               |
| 3                       | 9                | 19.4               | 21.4                                                          | 2.9                      | 168.49                               |
| 4                       | 9                | 17.4               | 14.6                                                          | 2.2                      | 85.7                                 |

### 2.2 环境因子的测定

气象因子:在距被测样木 10 m 处架设 Vantage Pro2 无线气象站,无线气象站距离地面 2.5 m,可连续观测并记录太阳总辐射、空气相对湿度、空气温度和风速等气象因子。无线气象站的数据采集器可每 2 min 采集 1 次数据,每 10 min 输出 1 组平均值。气象因子的测定时间与树干液流的测定时间同步进行。而饱和水汽压差(vapor pressure deficit,简称 VPD)是由同步采集得空气温度和空气相对湿度的数据计算而来,采用以下公式<sup>[11]</sup>:

$$e_a^* = 0.611e^{[17.27Ta/(Ta+237.3)]}$$

$$VPD = (1 - RH/100)e_a^*$$

式中, $e_a^*$  为饱和水汽压(kPa); $Ta$  为空气温度(℃); $RH$  为空气相对湿度(%)。

土壤含水量的测定:在杨树林带内的矩形样地内,沿着样地对角线随机布设 3 个固定的土壤水监测剖面,剖面深度为 0—200 cm。采用中子仪(CNC503DR 型,北京核子仪器有限公司生产)每隔 20 cm 监测各层土壤含水量,监测点的土壤含水量用 3 个固定监测剖面同一深度测点数据的平均值计算得出。本文土壤含水量的测定时间为 2012 年的 7 月 4 日、7 月 14 日和 7 月 24 日。

### 2.3 边材面积的确定

树木的水分输导主要是在边材上运转的,水分的传导能力由边材面积的大小来决定。因而,边材面积是换算蒸腾及液流的关键参数。由于杨树个体本身存在很大差异,边材面积也不一致,这就需要对杨树的边材分布做出预估,找出边材和测树因子(如胸径)之间是否存在关联。已有研究<sup>[12-13]</sup>发现林木的树干液流与胸径呈线性相关,对样地内的银白杨采取抽样调查法,对地径、心材、边材等通过统计软件对幂、指数、线性、多项式拟合结果发现:银白杨边材面积与胸径之间呈线性相关关系(图1),  $y = 14.15x - 142.2$ ,  $R^2 = 0.834$ ,  $n = 7$ , 式中  $x$  为银白杨胸径(cm),  $y$  为银白杨边材面积( $\text{cm}^2$ )。

### 2.4 数据处理

利用 Excel2007 和 SPSS17.0 对数据进行统计分析并作图。

## 3 结果与分析

### 3.1 银白杨树干液流日变化

用7月17日和21日的4株银白杨树干液流速率作图(图2),从图2中可以看出:无论是晴天还是阴天,4株银白杨的树干液流日变化规律相似,7月17日(晴天)4株银白杨的树干液流呈“单峰”型曲线,7月21日(阴天)4株银白杨的树干液流呈“多峰”型曲线。4株银白杨的树干液流每天6:00—7:30(北京时间,下同)启动,启动后的树干液流(4株平均)分别为0.0266 L/h(17日)和0.0113 L/h(21日);银白杨树干液流达到最大值(4株平均)的时间是在13:00—16:00之间,分别为1.2849 L/h(17日)和1.2945 L/h(21日),21:30左右逐渐降到最低值,夜间银白杨的液流速率很小,几乎接近0值。日平均液流速率(4株平均)分别为0.7634、0.7976、0.5948 L/h和0.2680 L/h,7月1—25日银白杨日平均液流速率(4株平均)为0.6059 L/h。

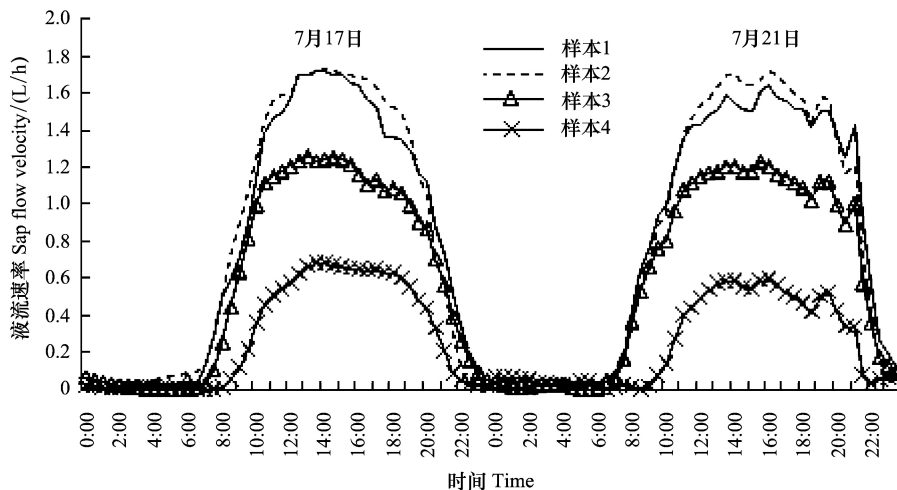


图2 7月17日和21日液流流速昼夜变化动态

Fig.2 Diurnal change of sap flow rate in July 17 and July 21

### 3.2 银白杨树干液流与环境因子分析

为直观看银白杨树干液流与气象因子的关系,利用7月1—25日样木1的单位边材液流速率数据和气象因子数据(7月7日、12日和16日分别有4.5 mm、6.0 mm和21.8 mm的降水)做图(图3)。在这连续的25d里太阳总辐射最高值为905  $\text{W}/\text{m}^2$ ;林带内最高大气温度为37.9  $^{\circ}\text{C}$ ,最低大气温度为19.3  $^{\circ}\text{C}$ ;VPD最大值为5334.32 Pa,最小值为270.32 Pa。由于7月16日有21.8 mm的降水,太阳总辐射、空气温度和水汽压VPD都有所下降,空气湿度增大,最大值达到了89%,导致银白杨的树干液流速率明显比降雨前后两天要小,最高峰值仅为晴天的56.4%左右。从图3可见,7月份银白杨单位边材面积的液流速率与太阳总辐射的变化具有同步性,与VPD和大气温度的变化不具有同步性,最大峰值比VPD和大气温度提前约为2 h。

为了分析7月份各气象因子对银白杨单位边材面积液流速率的影响,利用SPSS17.0软件对4株银白杨样本单位边材面积的树干液流与各气象因子(太阳总辐射、大气温度、相对湿度、VPD和风速等)进行了相关分析。根据表2结果显示:7月份银白杨单位边材面积液流速率与太阳总辐射、大气温度、相对湿度和VPD呈极显著相关关系,与风速呈显著相关关系。根据表3所示:采用多元逐步回归分析建立了银白杨单位边材面积的树干液流速率与太阳总辐射、相对湿度和水汽压差的回归模型。

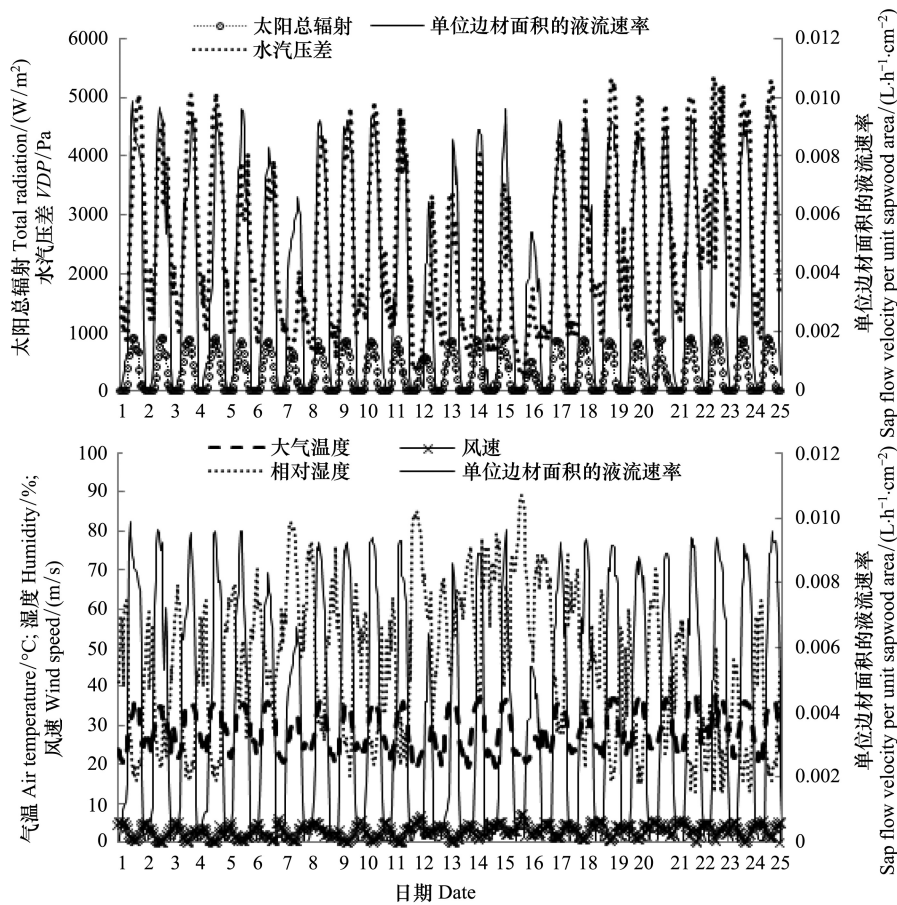


图3 7月1—25日银白杨单位边材面积的液流速率和气象因子的变化

Fig.3 Changes of sap flows per unit sapwood area and climatic factors of *Populus alba* L.×*P.talassica* from 1 to 25 in July

表2 单位边材面积的树干液流速率与气象因子的 Pearson 相关系数

Table 2 Pearson correlation coefficient of tree sap flow per unit sapwood area to climatic drivers

| 样木序号<br>Sample tree No. | 太阳总辐射 (W/m <sup>2</sup> )<br>Total radiation | 大气温度/°C<br>Air temperature | 水汽压差/Pa<br>VPD | 相对湿度/%<br>Relative humidity | 风速/(m/s)<br>Wind speed |
|-------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|----------------|-----------------------------|------------------------|
| 1                       | 0.85 **                                      | 0.66 **                    | 0.56 **        | -0.53 **                    | 0.41 *                 |
| 2                       | 0.85 **                                      | 0.73 **                    | 0.63 **        | -0.6 **                     | 0.45 *                 |
| 3                       | 0.81 **                                      | 0.68 **                    | 0.56 **        | -0.53 **                    | 0.36 *                 |
| 4                       | 0.85 **                                      | 0.71 **                    | 0.59 **        | -0.56 **                    | 0.41 *                 |

\*, \*\*, \* 分别表示该值在 P=0.01 和 P=0.05 水平上差异显著; VPD, 同图 3

表3 单位边材面积的树干液流速率与气象因子的多元回归方程

Table 3 Multivariable regression equations of sap flow velocity per unit sapwood area and factors

| 样木序号<br>Sample tree No. | 回归方程<br>Regression equation                                                                                        | 判定系数<br>R <sup>2</sup> | 自由度<br>df | 显著水平<br>P |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| 1                       | $V_{s1} = 1.94 \times 10^{-6} TR - 1.04 \times 10^{-6} VPD - 2.35 \times 10^{-5} H$                                | 0.79                   | 623       | 0.000     |
| 2                       | $V_{s2} = 1.22 \times 10^{-6} TR - 5.79 \times 10^{-7} VPD - 1.22 \times 10^{-5} H + 7.4910 \times -5 v_w - 0.001$ | 0.83                   | 623       | 0.000     |
| 3                       | $V_{s3} = 2.20 \times 10^{-6} TR - 2.01 \times 10^{-7} VPD - 4.49 \times 10^{-5} H - 0.001$                        | 0.74                   | 623       | 0.000     |
| 4                       | $V_{s4} = 1.64 \times 10^{-6} TR - 1.36 \times 10^{-7} VPD - 3.31 \times 10^{-5} H$                                | 0.82                   | 623       | 0.000     |

以上方程为 95% 的置信水平; TR, 太阳总辐射 (W/m<sup>2</sup>); H, 相对湿度 (%);  $V_w$ , 风速 (m/s);  $V_s$ , 单位边材面积的液流速率 (L·h<sup>-1</sup>·cm<sup>-2</sup>); VPD, 同图 3

3.3 液流速率与土壤水分

2012 年 7 月该区域蒸发量大, 降雨少, 林带内 2 m 土层剖面的土壤含水量明显减少 (图 4), 根据采集得气象数据可知, 7 月

7 日、12 日、16 日分别有 4.5 mm、6.0 mm 和 21.8 mm 的降水,但因为该地区蒸发量大,降雨量小,林带内 40 cm 以下的土壤并没有得到明显的降雨补充,7 月 4 日、14 日、24 日 3 次测量的土壤含水量平均值分别为 6.66%、6.52% 和 6.41%。在经历了 7 月 7 日、7 月 12 日、16 日的降雨后,林带内的表层土壤水分得到了少量补充,降雨后的几日树干液流随之升高(图 3)。

### 3.4 不同胸径样木的树干液流变化规律

有学者认为树干液流速率与边材面积有密切的关系<sup>[14]</sup>,通过计算单位边材面积的液流速率可以实现单木耗水量到林分耗水量的尺度推算。图 5 为不同胸径银白杨日平均单位边材面积的液流速率变化。从图中可以看出,4 株银白杨日平均单位边材面积液流速率变化规律相似,但液流速率还存在一定的差异。结合表 1 中被测样木的参数,发现胸径大的样木边材面积也较大,但单位边材面积的液流速率较小,这与吴芳等人<sup>[13]</sup>的研究结果一致。样木 2 的胸径为 24.8 cm,其单位边材面积的液流速率最小,为  $0.0024 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ ;样木 1 和样木 3 的胸径分别为 22.5 cm 和 21.4 cm,它们的单位边材面积的液流速率居中,分别为  $0.0031 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$  和  $0.0038 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ ;样木 4 的胸径为 14.6 cm,其单位边材面积的液流速率最大,为  $0.0048 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,是样木 2 的 2 倍。

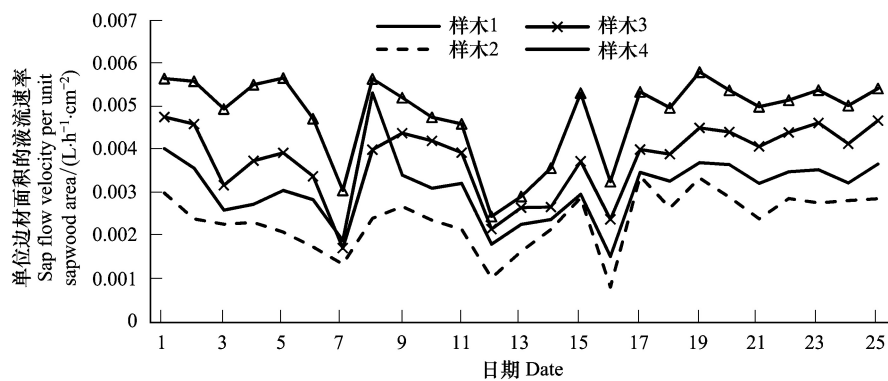


图 5 银白杨日平均单位边材面积的液流速率变化

Fig.5 Changes of average sap flow velocity per unit sapwood area of *Populus alba* L.×*P. talassica*

### 3 结论

7 月 1—25 日的晴天银白杨树干液流呈“单峰”型曲线,阴天的树干液流有较大的波动呈“多峰”型曲线,夜间几乎没有液流活动。银白杨的树干液流每天 6:00—7:30 启动,13:00—16:00 达到最大值,21:30 左右降到最低值。银白杨在 7 月 17 日和 21 日两天的日平均液流速率(4 株平均)分别为 0.7634、0.7976、0.5948 L/h 和 0.2680 L/h,7 月 1—25 日银白杨树干液流速率(4 株平均)平均值为 0.6059 L/h。

7 月份银白杨单位边材面积的树干液流速率与太阳总辐射、水汽压差和大气温度呈极显著的正相关关系,与空气相对湿度呈极显著的负相关关系。按照相关程度绝对值的大小顺序排列:太阳总辐射>大气温度>水汽压差>相对湿度>风速。因此,7 月份银白杨的树干液流速率可用单位边材面积树干液流速率、太阳总辐射、相对湿度和水汽压差线性表达式来估算。

银白杨的边材面积与胸径间呈显著的线性关系,其关系式为  $y = 14.15x - 142.2$ ,  $R^2 = 0.834$ ,  $n = 7$ 。当银白杨的胸径较大时,其边材面积也较大,但单位边材面积的液流速率较小。样木 2 的胸径为 24.8 cm,其单位边材面积的液流速率最小,为  $0.0024 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ ;样木 1 和样木 3 的胸径分别为 22.5 cm 和 21.4 cm,它们的单位边材面积的液流速率居中,分别为  $0.0031 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$  和  $0.0038 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ ;样木 4 的胸径为 14.6 cm,其单位边材面积的液流速率最大,为  $0.0048 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,是样木 2 的 2 倍。影响树木群体蒸腾速率的因素较多,作用机理非常复杂,在尺度扩展方面存在很多问题。可以丰富由单株到群落蒸腾耗水的尺度转换。

### References:

- [1] Liu F J, Edwards W R N, Zheng S K, Ju G S, Wang G J, Lu Y N. A study on the dynamics of sap flow in space and time in poplar stems. Forest Research, 1993, 6(4): 368-372.

- [ 2 ] Pan J P, Han S J, Su M Z, Jiang Z Q, Zhang Y G. The influence of wind on leaf transpiration of *Populus davidiana*. Journal of Northeast Forestry University, 1996, 24(1): 27-32.
- [ 3 ] Gao Y, Zhang Z M, Liu J. A study on volume and velocity of stem sap flow of *Populus populus*'s by heat-pulse technique. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2001, 21(4): 644-649.
- [ 4 ] Chang X X, Zhao W Z. Sap flow of Gansu poplar in farmland shelter forest during the growing season in desert oasis. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(7): 1436-1441.
- [ 5 ] Shen L H, Zhang Z Q, Liu C F, Zhu J Z. Sap flow of *P. × euramericana* plantation trees in sandy soil. Science of Soil and Water Conservation, 2007, 5(1): 88-92.
- [ 6 ] Yue G Y, Zhao H L, Zhang T H, Niu L. Sap flow characteristics of growing poplar seedlings in Horqin sand land. Journal of Desert Research, 2009, 29(4): 674-679.
- [ 7 ] Li G D, Jia L M, Fu F Z, Xi B Y, Wang Y. Stem sap flow in different measurement positions of triploid *Populus tomentosa*. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2010, 30(6): 1209-1218.
- [ 8 ] Sui X H, Zhang J J, Wen W R. Study on sap flow in forest of *Quercus liaotungensis* and *Populus davidiana* by using the TDP method. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(16): 4791-4798.
- [ 9 ] Gao J, Wu B, Meng P. Transpiration of apricot trees and their relationship with rainfall and canopy micrometeorological factors. Journal of Beijing Forestry University, 2010, 32(3): 14-20.
- [ 10 ] Zhang J, Li J G, Du Y, Chen H H. Dynamics of stem sap flow in young *Ziziphus jujuba*. China Forestry Science and Technology, 2012, 26(2): 63-67.
- [ 11 ] Luo L, Wang X L, Yu P. The compare and research of the calculate formula of the saturation water steam pressure. Meteorological, Hydrological and Marine Instruments, 2003, 24(4): 24-27.
- [ 12 ] Mattias L, Fredrik L, Anders L. Evaluation of heat balance and heat dissipation methods for sapflow measurements in pine and spruce. Annals of Forest Science, 2001, 58(6): 625-638.
- [ 13 ] Wu F, Chen Y M, Yu Z H. Growing season sap-flow dynamics of *Robinia pseudoacacia* plantation in the semi-arid region of Loess plateau, China. Chinese Journal of Plant Ecology, 2010, 34(4): 469-476.
- [ 14 ] Braun P, Schmid J. Sap flow measurements in grapevines (*Vitis vinifera* L.). I. stem morphology and use of the heat balance method. Plant and Soil, 1999, 215(1): 39-45.

#### 参考文献:

- [ 1 ] 刘奉觉, Edwards W R N, 郑世锴, 巨关升, 王广举, 卢永农. 杨树树干液流时空动态研究. 林业科学研究, 1993, 6(4): 368-372.
- [ 2 ] 潘建平, 韩士杰, 苏润州, 姜植群, 张永光. 风对山杨叶片蒸腾的影响. 东北林业大学学报, 1996, 24(1): 27-32.
- [ 3 ] 高岩, 张汝民, 刘静. 应用热脉冲技术对小美旱杨树树干液流的研究. 西北植物学报, 2001, 21(4): 644-649.
- [ 4 ] 常学向, 赵文智. 荒漠绿洲农田防护树种二白杨生长季节树干液流的变化. 生态学报, 2004, 24(7): 1436-1441.
- [ 5 ] 申李华, 张志强, 刘晨峰, 朱金兆. 沙地杨树人工林树干液流特征. 中国水土保持科学, 2007, 5(1): 88-92.
- [ 6 ] 岳广阳, 赵哈林, 张铜会, 牛丽. 科尔沁沙地杨树苗木生长过程中蒸腾耗水规律研究. 中国沙漠, 2009, 29(4): 674-679.
- [ 7 ] 李广德, 贾黎民, 富丰珍, 席奔野, 王烨. 三倍体毛白杨不同方位树干边材液流特性研究. 西北植物学报, 2010, 30(6): 1209-1218.
- [ 8 ] 隋旭红, 张建军, 文万荣. 晋西黄土区辽东栎、山杨树干液流比较研究. 生态学报, 2011, 31(16): 4791-4798.
- [ 9 ] 高峻, 吴斌, 孟平. 杏树蒸腾与降水和冠层微气象因子的关系. 北京林业大学学报, 2010, 32(3): 14-20.
- [ 10 ] 张俊, 李建贵, 杜研, 陈辉煌. 幼龄枣树树干液流的动态研究. 林业科技开发, 2012, 26(2): 63-67.
- [ 11 ] 罗丽, 王晓蕾, 余鹏. 饱和水汽压计算公式的比较研究. 气象水文海洋仪器, 2003, 24(4): 24-27.
- [ 13 ] 吴芳, 陈云明, 于占辉. 黄土高原半干旱区刺槐生长盛期树干液流动态. 植物生态学报, 2010, 34(4): 469-476.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.18 Sep. ,2013( Semimonthly)

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                                   |                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Development of agroecology in USA .....                                                                                                                                           | HUANG Guoqin, McCullough Patrick E. (5449)                |
| Research progress on water footprint .....                                                                                                                                        | MA Jing, PENG Jian (5458)                                 |
| Analysis and evaluation of the eco-economic systems of the main crops (rice, cotton and rapeseed) in Jiangxi Province, China .....                                                | SUN Weimin, OU Yizhi, HUANG Guoqin (5467)                 |
| Relationship among drought, hydraulic metabolic, carbon starvation and vegetation mortality .....                                                                                 | DONG Lei, LI Jiyue (5477)                                 |
| Reviews on the ecological stoichiometry characteristics and its applications .....                                                                                                | ZENG Dongping, JIANG Liling, ZENG Congsheng, et al (5484) |
| Composition and fractal features of purple soil aggregates during the vegetation restoration processes in the Three Gorges Reservoir Region .....                                 | WANG Yihao, GENG Yanghui, HUANG Zhonghua (5493)           |
| Impacts of different surface covers on soil respiration in urban areas .....                                                                                                      | FU Zhihong, HUYAN Jiaoqi, LI Feng, et al (5500)           |
| Chilling sensitivities of three closely related plants with different invasiveness in South China .....                                                                           | WANG Yutao, LI Chunmei, LI Shaoshan (5509)                |
| The flower syndrome and pollination adaptation of desert rare species <i>Eremosparton songoricum</i> (litv.) Vass.(Fabaceae) .....                                                | SHI Xiang, LIU Huiliang, ZHANG Daoyuan, et al (5516)      |
| Competitive effect of <i>Pistia stratiotes</i> to rice and its impacts on rice yield and soil nutrients .....                                                                     | SHEN Shicai, XU Gaofeng, ZHANG Fudou, et al (5523)        |
| Photosynthetic physiological ecology characteristics of rare medicinal plants <i>Bletilla striata</i> .....                                                                       | WU Mingkai, LIU Hai, SHEN Zhijun, et al (5531)            |
| Photosynthetic responses to Solar UV radiation of <i>Gracilaria lemaneiformis</i> cultured under different temperatures and CO <sub>2</sub> concentrations .....                  | YANG Yuling, LI Wei, CHEN Weizhou, et al (5538)           |
| The effect of soil oxygen availability on greenhouse gases emission in a double rice field .....                                                                                  | QIN Xiaobo, LI Yu'e, WAN Yunfan, et al (5546)             |
| Effects of nitrogen management on NH <sub>3</sub> volatilization and nitrogen use efficiency under no-tillage paddy fields .....                                                  | MA Yuhua, LIU Bing, ZHANG Zhisheng, et al (5556)          |
| Study on characteristics of net photosynthetic rate of two kinds of tree shape and Impact Factors in Korla fragrant pear .....                                                    | SUN Guili, XU Min, LI Jiang, et al (5565)                 |
| Effects of sand burial on growth, survival, photosynthetic and transpiration properties of <i>Agriophyllum squarrosum</i> seedlings .....                                         | ZHAO Halin, QU Hao, ZHOU Ruilian, et al (5574)            |
| Effects of using plastic film as mulch combined with bunch planting on soil temperature, moisture and yield of spring wheat in a semi-arid area in drylands of Gansu, China ..... | WANG Hongli, SONG Shangyou, ZHANG Xucheng, et al (5580)   |
| Study on soil aggregates stability of mulberry ridge in Rocky Desertification based on Le Bissonnais method .....                                                                 | WANG Sanshu, HUANG Xianzhi, SHI Dongmei, et al (5589)     |
| Effects of fertilization on nitrogen loss with different forms via runoff and seepage under <i>Phyllostachy praecox</i> stands .....                                              | CHEN Peipei, WU Jiasen, ZHENG Xiaolong, et al (5599)      |
| Characteristics of physiological groups of soil nitrogen-transforming microbes in different vegetation types in the Loess Gully region, China .....                               | XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (5608)       |
| Effects of vegetation types on soil microbial biomass C, N, P on the Loess Hilly Area .....                                                                                       | ZHAO Tong, YAN Hao, JIANG Yueli, et al (5615)             |
| Influence of mulching management on soil microbe and its relationship with soil nutrient in <i>Phyllostachys praecox</i> stand .....                                              | GUO Ziwu, YU Wenxian, CHEN Shuanglin, et al (5623)        |
| Effect of rainfall on the seasonal variation of soil respiration in Hulunber Meadow Steppe .....                                                                                  | WANG Xu, YAN Yuchun, YAN Ruirui, et al (5631)             |
| Spatial heterogeneity of fine roots in a subtropical evergreen broad-leaved forest and their sampling strategy based on soil coring method .....                                  | HUANG Chaochao, HUANG Jinxue, XIONG Decheng, et al (5636) |
| Changes of leaf traits and WUE with crown height of four tall tree species .....                                                                                                  | HE Chunxia, LI Jiyue, MENG Ping, et al (5644)             |
| Sap flow dynamics of <i>Populus alba</i> L.× <i>P.talassica</i> plantation in arid desert area .....                                                                              | ZHANG Jun, LI Xiaofei, LI Jiangui, et al (5655)           |
| Effects of simulated temperature increase and vary little quality on litter decomposition .....                                                                                   | LIU Ruipeng, MAO Zijun, LI Xinghuan, et al (5661)         |
| The effects of leaf stoichiometric characters on litter turnover in an arid-hot valley of Jinsha River, China .....                                                               | YAN Bangguo, JI Zhonghua, HE Guangxiong, et al (5668)     |
| Comparison of concentrations of non-structural carbohydrates between new twigs and old branches for 12 temperate species .....                                                    | ZHANG Haiyan, WANG Chuankuan, WANG Xingchang (5675)       |
| Combined effects of root cutting, auxin application, and potassium fertilizer on growth, sugar:nicotine ratio, and organic potassium index of flue-cured tobacco .....            | WU Yanhui, XUE Lixin, XU Zicheng, et al (5686)            |
| Effects of photoperiod and high fat diet on energy intake and thermogenesis in female <i>Apodemus chevrieri</i> .....                                                             | GAO Wenrong, ZHU Wanlong, MENG Lihua, et al (5696)        |
| Effects of dietary chlorogenic acid supplementation on antioxidant system and anti-low salinity of <i>Litopenaeus vannamei</i> .....                                              | WANG Yun, LI Zheng, LI Jian, et al (5704)                 |

- Responses of desert plant diversity, community and interspecific association to soil salinity gradient ..... ZHANG Xueni, LÜ Guanghui, YANG Xiaodong, et al (5714)
- Community characteristics in a chronosequence of karst vegetation in Mashan county, Guangxi ..... WEN Yuanguang, LEI Liquan, ZHU Hongguang, et al (5723)
- Association between environment and community of *Pinus taiwanensis* in Daiyun Mountain ..... LIU Jinfu, ZHU Dehuang, LAN Siren, et al (5731)
- The dynamics of soil fauna community during litter decomposition at different phenological stages in the subtropical evergreen broad-leaved forests in Sichuan basin ..... WANG Wenjun, YANG Wanqin, TAN Bo, et al (5737)
- Seasonal dynamics and content of soil labile organic carbon of mid-subtropical evergreen broadleaved forest during natural succession ..... FAN Yuexin, YANG Yusheng, YANG Zhijie, et al (5751)
- The stoichiometric characteristics of C, N, P for artificial plants and soil in the hinterland of Taklimakan Desert ..... LI Congjuan, LEI Jiaqiang, XU Xinwen, et al (5760)
- A preliminary investigation on the population and behavior of the Tundra Swan (*Cygnus columbianus*) in Poyang Lake ..... DAI Nianhua, SHAO Mingqin, JIANG Lihong, et al (5768)
- Effects of nutrient enrichment and fish stocking on succession and diversity of phytoplankton community ..... CHEN Chun, LI Sijia, XIAO Lijuan, HAN Boping (5777)
- The depositional environment and organic sediment component of Dagze Co, a saline lake in Tibet, China ..... LIU Shasha, JIA Qinxian, LIU Xifang, et al (5785)
- Spatiotemporal variation of interacting relationships among multiple provisioning and regulating services of Tibet grassland ecosystem ..... PAN Ying, XU Zengrang, YU Chengqun, et al (5794)
- Spatial distribution of dissolved amino acids in Lake Taihu, China ..... YAO Xin, ZHU Guangwei, GAO Guang, et al (5802)
- RS- and GIS-based study on ecological function regionalization in the Chaohu Lake Basin, Anhui Province, China ..... WANG Chuanhui, WU Li, WANG Xinyuan, et al (5808)
- Trends of spring maize phenophases and spatio-temporal responses to temperature in three provinces of Northeast China during the past 20 years ..... LI Zhengguo, YANG Peng, TANG Huaqun, et al (5818)
- Species selection for landscape rehabilitation and their response to environmental factors in Poyang Lake wetlands ..... XIE Dongming, JIN Guohua, ZHOU Yangming, et al (5828)
- Temporal and spatial pattern of the phytoplankton biomass in the Pearl River Delta ..... WANG Chao, LI Xinhui, LAI Zini, et al (5835)
- Spatio-temporal dynamics of land use/land cover and its driving forces in Nanjing from 1995 to 2008 ..... JIA Baoquan, WANG Cheng, QIU Erfa (5848)
- Changes of organic carbon and its labile fractions in topsoil with altitude in subalpine-alpine area of southwestern China ..... QIN Jihong, WANG Qin, SUN Hui (5858)
- The carbon sink of urban forests and efficacy on offsetting energy carbon emissions from city in Guangzhou ..... ZHOU Jian, XIAO Rongbo, ZHUANG Changwei, et al (5865)
- Groundwater salt content change and its simulation based on machine learning model in hinterlands of Taklimakan Desert ..... FAN Jinglong, LIU Hailong, LEI Jiaqiang, et al (5874)
- Analysis of coordination degree between urban development and water resources potentials in arid oasis city ..... XIA Fuqiang, TANG Hong, YANG Degang, et al (5883)
- Constructing an assessment indices system to analyze integrated regional carrying capacity in the coastal zones: a case in Nantong ..... WEI Chao, YE Shufeng, GUO Zhongyang, et al (5893)
- Fish species diversity in Zhongjieshan Islands Marine Protected Area (MPA) ..... LIANG Jun, XU Hanxiang, WANG Weiding (5905)
- Distribution and long-term changes of net-phytoplankton in the tidal freshwater estuary of Changjiang during wet season ..... JIANG Zhibing, LIU Jingjing, LI Hongliang, et al (5917)
- Study of urban metabolic structure based on ecological network: a case study of Dalian ..... LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin, et al (5926)
- Factors influencing of residents' tolerance towards wild boar in and near nature reserve: Taking the Heilongjiang Fenghuangshan Nature Reserve as the example ..... XU Fei, CAI Tiji, JU Cunyong, et al (5935)
- Herdsmen's willingness to participate in ecological protection in Sanjiangyuan Region, China ..... LI Huimei, ZHANG Anlu, WANG Shan, et al (5943)
- Analysis of first flush in rainfall runoff in Shenyang urban city ..... LI Chunlin, LIU Miao, HU Yuanman, et al (5952)

# 《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 陈利顶

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 33 卷 第 18 期 (2013 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 18 (September, 2013)

|               |                                                                                                                    |                 |                                                                                                                                                                                   |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 编 辑           | 《生态学报》编辑部<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085<br>电话:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>shengtaixuebao@rcees.ac.cn | Edited by       | Editorial board of<br>ACTA ECOLOGICA SINICA<br>Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China<br>Tel: (010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>shengtaixuebao@rcees.ac.cn |
| 主 编           | 王如松                                                                                                                | Editor-in-chief | WANG Rusong                                                                                                                                                                       |
| 主 管           | 中国科学技术协会                                                                                                           | Supervised by   | China Association for Science and Technology                                                                                                                                      |
| 主 办           | 中国生态学学会<br>中国科学院生态环境研究中心<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085                                                        | Sponsored by    | Ecological Society of China<br>Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS<br>Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China                                  |
| 出 版           | 科 学 出 版 社<br>地址:北京东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717                                                                       | Published by    | Science Press<br>Add: 16 Donghuangchenggen North Street,<br>Beijing 100717, China                                                                                                 |
| 印 刷           | 北京北林印刷厂                                                                                                            | Printed by      | Beijing Bei Lin Printing House,<br>Beijing 100083, China                                                                                                                          |
| 发 行           | 科 学 出 版 社<br>地址:东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717<br>电话:(010)64034563<br>E-mail: journal@ cspg. net                       | Distributed by  | Science Press<br>Add: 16 Donghuangchenggen North<br>Street, Beijing 100717, China<br>Tel: (010)64034563<br>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<br>地址:北京 399 信箱<br>邮政编码:100044                                                                         | Foreign         | China International Book Trading<br>Corporation<br>Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China                                                                                         |
| 广告经营<br>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 90.00 元