

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 11 期 Vol.32 No.11 **2012**

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 32 卷 第 11 期

2012 年 6 月 (半月刊)

目 次

黑龙江省大兴安岭林区火烧迹地森林更新及其影响因子·····	蔡文华, 杨健, 刘志华, 等 (3303)
基于 B-IBI 指数的温榆河生态健康评价·····	杨柳, 李泳慧, 王俊才, 等 (3313)
川西亚高山暗针叶林不同恢复阶段红桦、岷江冷杉土壤种子损耗特征·····	马姜明, 刘世荣, 史作民, 等 (3323)
老龄阔叶红松林下层木空间分布的生境关联分析·····	丁胜建, 张春雨, 夏富才, 等 (3334)
内蒙古高原荒漠区四种锦鸡儿属植物灌丛沙包形态和固沙能力比较·····	张媛媛, 马成仓, 韩磊, 等 (3343)
角果藜的生长动态及其生殖配置·····	全杜娟, 魏岩, 周晓青, 等 (3352)
基于 MODIS/NDVI 时间序列的森林灾害快速评估方法——以贵州省为例·····	侍昊, 王笑, 薛建辉, 等 (3359)
祁连山西水林区土壤阳离子交换量及盐基离子的剖面分布·····	姜林, 耿增超, 李珊珊, 等 (3368)
水分和温度对春玉米出苗速度和出苗率的影响·····	马树庆, 王琪, 吕厚荃, 等 (3378)
施氮对水稻土 N ₂ O 释放及反硝化功能基因 (<i>narG/nosZ</i>) 丰度的影响·····	郑燕, 侯海军, 秦红灵, 等 (3386)
中国西北潜在蒸散时空演变特征及其定量化成因·····	曹雯, 申双和, 段春峰 (3394)
基于植被降水利用效率和 NDVI 的黄河上游地区生态退化研究·····	杜加强, 舒俭民, 张林波 (3404)
异速生长法计算秋茄红树林生物量·····	金川, 王金旺, 郑坚, 等 (3414)
乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落的物种组成与数量特征·····	马全林, 郑庆中, 贾举杰, 等 (3423)
不同光强下单叶蔓荆的光合蒸腾与离子累积的关系·····	张萍, 刘林德, 柏新富, 等 (3432)
浑善达克沙地沙地榆种子雨的扩散规律·····	谷伟, 岳永杰, 李钢铁, 等 (3440)
咸水灌溉对沙土土壤盐分和胡杨生理生长的影响·····	何新林, 陈书飞, 王振华, 等 (3449)
外源 NO 对 NaHCO ₃ 胁迫下黑麦草幼苗光合生理响应的调节·····	刘建新, 王金成, 王鑫, 等 (3460)
呼伦贝尔草地植物群落与土壤化学计量学特征沿经度梯度变化·····	丁小慧, 罗淑政, 刘金巍, 等 (3467)
海南稻田土壤硒与重金属的含量、分布及其安全性·····	耿建梅, 王文斌, 温翠萍, 等 (3477)
江苏省典型区农田土壤及小麦中重金属含量与评价·····	陈京都, 戴其根, 许学宏, 等 (3487)
应用稳定同位素研究广西东方洞食物网结构和营养级关系·····	黎道洪, 苏晓梅 (3497)
利用细胞计数手段和 DGGE 技术分析松花江干流部分地区的细菌种群多样性·····	屠腾, 李蕾, 毛冠男, 等 (3505)
中国主要入海河流域河口集水区划分与分类·····	黄金良, 李青生, 黄玲, 等 (3516)
基于 VGPM 模型和 MODIS 数据估算梅梁湾浮游植物初级生产力·····	殷燕, 张运林, 时志强, 等 (3528)
低温胁迫下虎纹蛙的生存力及免疫和抗氧化能力·····	王娜, 邵晨, 颜志刚, 等 (3538)
转 Bt 水稻土壤跳虫群落组成及其数量变化·····	祝向钰, 李志毅, 常亮, 等 (3546)
尼日利亚非洲蜂和安徽意大利蜜蜂及其杂交二代形态特征与微卫星 DNA 遗传多样性·····	余林生, 解文飞, 巫厚长, 等 (3555)
北京城市公园湿地休憩功能的利用及其社会人口学因素·····	李芬, 孙然好, 陈利顶 (3565)
基于协整理论的经济增长与生态环境变化关系分析——以重庆市渝东南地区为例·····	肖强, 胡聃, 肖洋, 等 (3577)
感潮河网区环境合作博弈模型及实证·····	刘红刚, 陈新庚, 彭晓春 (3586)
专论与综述	
国内外生态效率核算方法及其应用研究述评·····	尹科, 王如松, 周传斌, 等 (3595)
全球变化背景下的现代生态学——第六届现代生态学讲座纪要·····	温腾, 徐德琳, 徐驰, 等 (3606)
问题讨论	
流域环境要素空间尺度特征及其与水生态分区尺度的关系——以辽河流域为例·····	刘星才, 徐宗学, 张淑荣, 等 (3613)
研究简报	
不同光照强度对兴安落叶松几种主要防御蛋白活力的影响·····	鲁艺芳, 石蕾, 严善春 (3621)
木荷种源间光合作用参数分析·····	熊彩云, 曾伟, 肖复明, 等 (3628)
基于能值分析的深圳市三个小型农业生态系统研究·····	杨卓翔, 高阳, 赵志强, 等 (3635)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 342 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 37 * 2012-06



封面图说: 爬升樟木沟的暖湿气流——樟木沟是中国境内横切喜马拉雅山脉南坡的几条著名大沟之一, 它位于我国西藏聂拉木县境内的希夏邦马峰东南侧, 延绵 5400km 的 318 国道在此沟中到达其最西头。从聂拉木县城到樟木口岸短短的 30km 中, 海拔从 4000m 急降至 2000m。在大气环流作用下, 来自印度洋的暖湿气流沿樟木沟不断费力地往上爬升, 给该沟谷留下了大量的降水。尤其是在雨季到来时, 山间到处是流水及悬垂崖头的瀑布, 翠峰直插云霄, 森林茂密苍郁, 溪流碧澄清澈, 奇花异葩繁多, 风景美如画卷, 气势壮丽非凡。

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

DOI: 10.5846/stxb201103080281

熊彩云, 曾伟, 肖复明, 曾志光, 涂圣勇, 江斌, 邱凤英, 伍艳芳. 木荷种源间光合作用参数分析. 生态学报, 2012, 32(11): 3628-3631.

Xiong C Y, Zeng W, Xiao F M, Zeng Z G, Tu S Y, Jiang B, Qiu F Y, Wu Y F. An analysis of photosynthetic parameters among *Schima superba* provenances. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(11): 3628-3631.

木荷种源间光合作用参数分析

熊彩云¹, 曾伟¹, 肖复明^{1,*}, 曾志光¹, 涂圣勇², 江斌², 邱凤英¹, 伍艳芳¹

(1. 江西省林业科学院, 南昌 330032; 2. 江西省永丰县官山林场, 永丰 331506)

摘要:基于直角双曲线修正模型估算 3 个不同纬度的木荷种源(开平、太平和永丰种源)光补偿点、饱和点、最大净光合速率等参数,以便为评价不同木荷种源对环境的适应能力和优良种源选择等提供科学依据。结果表明:在 3 个不同纬度种源中,开平种源具有最高的净光合速率、最大净光合速率和较高的表观量子效率,且其生长速率最快;太平种源光饱和点最高,但其净光合速率、表观量子效率和最大净光合速率最低,其生长速率也最低;永丰种源具有较高的净光合速率、最大净光合速率和表观量子效率,其生长速率略高于太平种源。3 个不同纬度木荷种源中,南部开平种源对当地环境具有较强的适应能力和生长潜力,具有较高的推广应用价值。

关键词:木荷;种源;净光合速率;表观光量子速率;光饱和点;光补偿点;暗呼吸速率

An analysis of photosynthetic parameters among *Schima superba* provenances

XIONG Caiyun¹, ZENG Wei¹, XIAO Fuming^{1,*}, ZENG Zhiguang¹, TU Shengyong², JIANG Bin², QIU Fengying¹, WU Yanfang¹

1 Jiangxi Academy of Forestry, Nanchang 330032, China

2 Guanshan Forest Farm of Yongfeng County, Yongfeng Jiangxi, 331506, China

Abstract: *Schima superba*, a subtropical evergreen broad-leaved tree species, plays an important role in biological fireproofing and timber production in China. Previous studies focused mainly on the cultivation technique, fire forest belt construction and physiological ecology characteristic of *S. superba*. Photosynthetic parameters can be used to reflect tree growth characters. Most studies about photosynthesis of the *S. superba* focused on daily variation, relationship between photosynthesis and environment factors, photosynthesis rate and parameters of light response curve. Exponential function, rectangular hyperbola model, parabolic function and non-rectangular hyperbola model have been widely used to estimate parameters of light response curve. However, the maximum photosynthesis rates estimated by these models with data of light response curve were much larger than the measured values, and the light saturation points based on these models were much smaller. Moreover, these models can not model the phenomena that the photosynthesis rate decreased with increase of light intensity when light intensity was beyond light saturation points. The errors in photosynthesis rates and parameters estimation by these models of light response curve should be paid attention to. Especially, the errors caused by these models of light response curve will be amplified when the parameters of light response curve are used to the big scale models. Fortunately, Modified rectangular hyperbola model overcomes these faults, and can model plant photosynthesis data in different light environments.

It is very important for forestation to select good *S. superba* provenances according to provenance variation rules because *S. superba* has a wide natural distribution, and rich species variations. For *S. superba*, however, most parameters

基金项目:江西省科技厅农业攻关项目(200110101003);江西省财政林业重大专项资助(200651010301)

收稿日期:2011-03-08; 修订日期:2011-11-18

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

of light response curve were only estimated by exponential function, rectangular hyperbola model, parabolic function and non-rectangular hyperbola model which had much faults, and there was no available information about assessing different *S. superba* provenances based on the photosynthetic parameters such as maximum net photosynthetic rate, light compensation point and light saturation point. Therefore, we carried out a experiments to measure daily photosynthesis variation and light response curve of different *S. superba* provenances. The three provenances of *S. superba* were Kaiping in Guangdong province, Taiping in Anhui province and Yongfeng in Jiangxi province, respectively. The variables were measured using Li-6400 (LI-COR, Inc, Lincoln, NE, USA) from 9:00 to 16:00 on 10 to 13 October, 2010. Each measurement had three to five three replications.

Based on modified rectangular hyperbola model, we calculated maximum net photosynthetic rate, light compensation point and light saturation point of *S. superba* from three provenances with three different latitudes. The results showed that the three provenances of *S. superba* had significant differences in photosynthetic parameters and tree growth ($P < 0.05$). Dark respiration rate, apparent quantum yield and maximum photosynthesis rate decreased in the following order: Kaiping > Yongfeng > Taiping. In addition, Kaiping provenance had higher light saturation than other provenances. However, no significant difference in the light compensation point was detected among different provenances. Additionally, tree growth rate in Kaiping provenance was significantly higher than Taiping and Yongfeng provenances. These results suggested that Kaiping provenance had the highest adaptability and growth potential in local region. Therefore, it had the highest application value.

Key Words: *Schima superba*; provenance; net photosynthetic rate; apparent quantum yields; light compensation point; light saturation point; dark respiration rate

树木光合作用是森林生态系统能量流动和物质循环的基础,是决定森林生产力最重要的生理过程。光合作用受树木自身特性和外界环境的影响^[1],因此树木光合生理特征研究是揭示不同植物对其生存环境生态适应性机制的有效途径^[2]。

木荷(*Schima superba*)属山茶科(*Theaceae*)木荷属常绿乔木,为我国亚热带常绿阔叶林的重要成分之一,自然分布于北纬 31°以南,东经 105°以东的广大地区,是我国亚热带地区主要生物防火和优良用材树种^[3]。国内外学者对木荷生理生态、防火林带建设、遗传特性及栽培技术等方面等做了大量工作^[4-11],其中对光合作用的研究多集中在树种净光合速率的日变化、净光合速率与环境因子的相关性^[12]、常绿阔叶林优势种光合特征比较^[4]、酸雨和不同光强对木荷幼苗光合作用影响^[13-14]以及基于指数方程、直角双曲线、抛物线和非直角双曲线模型估算木荷光响应曲线参数分析等方面^[14-16]。虽然目前被广泛应用于估算这些光响应曲线参数的方法有 Michaelis-Menten 模型^[17]、非直角双曲线模型^[18]、直角双曲线模型^[19]和指数方程^[20]等,但这些模型拟合光响应数据所估算出的最大净光合速率远大于实测值^[21-25],其估算出的光饱和点远小于实测值^[26],且无法拟合植物在光饱和点以后光合速率随光强的增加而降低的响应数据^[21, 23]。此外,这些模型是一条没有极点的渐进线,无法直接给出光饱和点和最大净光合速率值,而直角双曲线修正模型克服了这个缺点,可以拟合植物在不同环境条件下的光响应数据^[27]。

木荷天然分布广泛,种内变异丰富,利用种源变异规律来选择木荷优良种源造林对其商品用材林建设具有重大意义。鉴于目前估算木荷光响应曲线参数大都基于指数方程和非直角双曲线等模型,并且基于光补偿点、饱和点、最大净光合速率等光合参数评价不同木荷种源的研究还未见报道,本研究应用直角双曲线修正模型^[27]来估算源自 3 个纬度差异较大的木荷种源(开平、太平和永丰种源)光补偿点、饱和点、最大净光合速率等参数,从而为评价不同木荷种源对环境的适应能力提供数据参考,也为今后木荷优良种源选择提供理论依据。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 实验地概况

2003 年 3 月中旬于江西省永丰县官山林场(115°20'E,27°10'N)营造了 35 个木荷种源试验林。该实验区属于典型的亚热带湿润气候,温暖湿润,雨量充沛、日照充足、四季分明,结冰期短,无霜期长。年平均气温 18℃,1 月平均气温 8—9℃,7 月平均气温 28—29℃,年平均降水量 1577.4 mm,年平均无霜期 279 d,平均有效积温 5723.4℃,平均相对湿度 81%,地带性土壤以红壤为主,土层深厚,土壤肥沃。

1.2 种源试验林营造

将 35 个木荷参试种源于 2003 年 2 月用 1 年生裸根苗造林,试验林均按完全随机区组设计,5 次重复,8 株小区顺山纵向排列,四周设保护行 2—3 行,株行距 2 m × 2 m,块状整地,栽植穴大小为 40 cm × 40 cm × 30 cm,连续抚育 3a 至幼林郁闭。木荷种源试验林营造后每年对其树高、地径、胸径等指标进行测定调查。其中,35 个木荷种源分别源自江西的 12 个县市、广东的 7 个县市、湖南的 5 个县市、福建的 5 个县市、浙江的 4 个县市和安徽的 2 个县市,各种源基本信息及 2009 年平均生长情况如表 1 所示。

表 1 木荷种源地概况

Table 1 Situation of *Schima superba* provenances

序号 No.	种源 Origin region	经度 E Longitude	纬度 N Latitude	胸径/cm DBH	树高/m Height	单株材积/m ³ Individual tree volume
1	安徽绩溪	118°30'	30°10'	2.54	2.33	0.0008
2	安徽太平	118°08'	32°20'	1.83	2.57	0.0005
3	福建华安	117°30'	25°03'	2.19	3.02	0.0009
4	福建建瓯	118°10'	26°40'	1.30	2.90	0.0003
5	福建连城	116°45'	25°40'	2.77	2.22	0.001
6	福建武夷山	117°30'	27°30'	2.30	2.60	0.0008
7	福建尤溪	118°30'	26°20'	1.51	2.46	0.0004
8	广东广宁	116°10'	25°10'	2.85	2.99	0.0013
9	广东开平	112°20'	23°40'	2.13	3.43	0.0009
10	广东龙川	112°30'	22°40'	2.82	2.83	0.0012
11	广东韶关	115°20'	24°10'	2.31	3.22	0.001
12	广东翁源	113°30'	24°40'	2.49	2.93	0.001
13	广东武平	114°10'	24°20'	2.81	2.79	0.0012
14	广东阳山	112°40'	24°40'	2.13	2.23	0.0006
15	湖南茶陵	113°35'	26°45'	2.22	2.82	0.0008
16	湖南洞口	110°35'	27°05'	2.03	2.15	0.0005
17	湖南嘉禾	122°20'	25°35'	2.05	2.56	0.0006
18	湖南浏阳	113°40'	28°10'	2.79	3.05	0.0013
19	湖南桑植	110°20'	29°10'	1.74	2.69	0.0005
20	江西安福	114°40'	27°50'	2.93	2.68	0.0013
21	江西崇义	114°20'	25°40'	2.37	3.08	0.0009
22	江西德兴	117°34'	28°55'	2.34	2.31	0.0007
23	江西贵溪	117°15'	28°15'	2.83	2.69	0.0012
24	江西井冈山	114°10'	26°35'	2.28	3.09	0.001
25	江西龙南	114°45'	24°50'	2.86	2.90	0.0013
26	江西上犹	114°30'	25°50'	2.55	2.70	0.0011
27	江西铜鼓	114°13'	28°67'	2.40	3.15	0.001
28	江西婺源	117°50'	29°15'	2.61	2.82	0.0011
29	江西信丰	114°55'	25°25'	2.50	3.21	0.0011
30	江西永丰	115°20'	27°10'	2.01	2.76	0.0006
31	江西资溪	117°10'	27°40'	2.65	3.02	0.0012
32	浙江淳安	119°05'	29°00'	2.35	2.88	0.0009
33	浙江开化	118°25'	29°10'	2.30	2.77	0.0008
34	浙江临海	121°10'	28°55'	1.87	2.82	0.0006
35	浙江龙泉	119°12'	28°10'	2.48	2.60	0.0009

1.3 野外光合特性测定

一般情况下,种源间纬度相差越大,其生长的水热条件相差也大,致使其生态习性相差也大。本研究选择 35 个木荷种源中源自北部、中部及南部的太平种源、永丰种源及开平种源作为试验对象。在种源光合作用测定中,选取这 3 个木荷种源平均木各 3 株于 2010 年 10 月 10—13 日每天 9:00—16:00 进行瞬时净光合速率、光响应曲线等测定,并确保对各种源均有 3—5 次的重复观测。所采用的光合仪为开路式光合测定系统(Li-6400, LI-COR, Inc, Lincoln, NE, USA)。由于没有配备叶绿素含量速测仪,光合作用观测时尽量选择叶形、叶位、叶角、叶片绿度等特性相近的 1 年生顶部向阳叶片,以尽量减少由叶绿素含量差异产生的影响。测光响应曲线时设定的光强由 0 逐渐增加到 $2000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,每一个光强下的平衡时间不少于 60s,且叶片温度设置为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 70%,水汽压亏缺维持在 0.5—2.0 kPa 以防止气孔关闭。

1.4 数据处理

基于 DPS 数据处理系统来拟合各木荷种源光响应曲线,进而估算出最大净光合速率、暗呼吸速率、表观量子效率、光饱和点及补偿点等参数,并用 SPSS15.0 统计软件对各光合参数和各木荷种源树高、单株材积等指标进行 One-Way ANOVA 方差分析检验。各光合参数的计算公式如下:

净光合速率(P_n)对光强(I)的响应曲线可表达为^[27]:

$$P_n = \alpha \frac{1 - \beta I}{1 + \gamma I} (I - I_c) \quad (1)$$

式(1)中, α 、 β 、 γ 为系数, I_c 为光补偿点($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。

由(1)式可以得到植物光合作用的饱和光强的计算公式:

$$I_{\text{sat}} = \frac{\sqrt{\frac{(\beta + \gamma)(1 + \gamma I_c)}{\beta}} - 1}{\gamma} \quad (2)$$

式(2)中, I_{sat} 为光饱和光强($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。

植物最大净光合速率可表达为:

$$P_{\text{max}} = \alpha \frac{1 - \beta I_{\text{sat}}}{1 + \gamma I_{\text{sat}}} (I_{\text{sat}} - I_c) \quad (3)$$

式(3)中, P_{max} 为最大净光合速率($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。

暗呼吸速率的计算公式为:

$$R_d = -\alpha I_c \quad (4)$$

木荷单株材积计算公式为^[28]:

$$V = 0.00006801 D^{1.865613} H^{0.918129} \quad (5)$$

式(5)中, V 代表单株材积(m^3), D 为胸径(cm), H 为树高(m)。

2 结果与分析

2.1 各木荷种源同化特性的比较

最大净光合速率是用于描述植物最大净光合潜能的一个参数,反映了植物在单位面积叶片上所能将大气中的 CO_2 转化成有机物的最大潜力,它在一定程度上反映了其生长速度。因此,最大净光合速率是植物生长速度的一个重要参数指标。应用直角双曲线修正模型对太平、永丰和开平种源木荷叶片光响应曲线的拟合分析发现(表 2):种源间的最大净光合速率差异显著,开平种源最大净光合速率最大,其次是永丰种源,太平种源最大净光合速率最小。其中,永丰种源和开平种源最大净光合速率没有显著差异,但两者均明显大于太平种源最大净光合速率。通过对 3 个种源瞬时净光合速率数据分析发现:开平种源平均净光合速率($(6.57 \pm 0.38) \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)最大,其次是永丰种源($(5.01 \pm 0.25) \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),太平种源平均净光合速率($(4.73 \pm 0.21) \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)最小。

暗呼吸作用在植物生命活动中的重要性在于通过消耗光合产物来为代谢与生理活动提供能量及为合成各种生物大分子提供原料。通过分析各木荷种源光合特性可知(表 2):种源间暗呼吸速率存在显著差异,永丰种源暗呼吸速率最大,为(0.98 ± 0.15) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;其次是开平种源,为(0.74 ± 0.09) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;太平

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 11 June, 2012 (Semimonthly)
CONTENTS

Controls of post-fire tree recruitment in Great Xing'an Mountains in Heilongjiang Province	CAI Wenhua, YANG Jian, LIU Zhihua, et al (3303)
The assessment of river health using Benthic-Index of biotic integrity for Wenyu River	YANG Liu, LI Yonghui, WANG Juncai, et al (3313)
Consume of soil seeds of <i>Betula albo-sinensis</i> and <i>Abies faxoniana</i> in different natural successional stages of subalpine dark coniferous forest in western Sichuan, China	MA Jiangming, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (3323)
Habitat associations of understorey species spatial distribution in old growth broad-leaved Korean pine (<i>Pinus koraiensis</i>) forest	DING Shengjian, ZHANG Chunyu, XIA Fucui, et al (3334)
Nabkha morphology and sand-fixing capability of four dominant <i>Caragana</i> species in the desert region of the Inner Mongolia Plateau	ZHANG Yuanyuan, MA Chengchang, HAN Lei, et al (3343)
Growth dynamics, biomass allocation and ecological adaptation in <i>Ceratocarpus arenarius</i> L.	QUAN Dujuan, WEI Yan, ZHOU Xiaoqing, et al (3352)
A rapid assessment method for forest disaster based on MODIS/NDVI time series; a case study from Guizhou Province	SHI Hao, WANG Xiao, XUE Jianhui, et al (3359)
Soil cation exchange capacity and exchangeable base cation content in the profiles of four typical soils in the Xi-Shui Forest Zone of the Qilian Mountains	JIANG Lin, GENG Zengchao, LI Shanshan, et al (3368)
Impact of water and temperature on spring maize emergence speed and emergence rate	MA Shuqing, WANG Qi, LÜ Houquan, et al (3378)
Effect of N application on the abundance of denitrifying genes (<i>narG/nosZ</i>) and N ₂ O emission in paddy soil	ZHENG Yan, HOU Haijun, QIN Hongling, et al (3386)
Temporal-spatial variations of potential evapotranspiration and quantification of the causes in Northwest China	CAO Wen, SHEN Shuanghe, DUAN Chunfeng (3394)
Analysis of ecosystem degradation and recovery using precipitation use efficiency and NDVI in the headwater catchment of the Yellow River basin	DU Jiaqiang, SHU Jianmin, ZHANG Linbo (3404)
An assessment method of <i>Kandelia obovata</i> population biomass	JIN Chuan, WANG Jinwang, ZHENG Jian, et al (3414)
Quantitative characteristics and species composition of <i>Artemisia sphaerocephala</i> and <i>A. ordosica</i> communities in the Ulanbuh Desert ...	MA Quanlin, ZHENG Qingzhong, JIA Jujie, et al (3423)
Photosynthesis and transpiration in relation to ion accumulation in <i>Vitex trifolia</i> under varied light intensity	ZHANG Ping, LIU Linde, BAI Xinfu, et al (3432)
Diffusion of elm seed rain in Otindag Sand Land	GU Wei, YUE Yongjie, LI Gangtie, et al (3440)
Effect of saline water irrigation on sand soil salt and the physiology and growth of <i>Populus euphratica</i> Oliv.	HE Xinlin, CHEN Shufei, WANG Zhenhua, et al (3449)
Regulation of exogenous nitric oxide on photosynthetic physiological response of <i>Lolium perenne</i> seedlings under NaHCO ₃ Stress	LIU Jianxin, WANG Jincheng, WANG Xin, et al (3460)
Longitude gradient changes on plant community and soil stoichiometry characteristics of grassland in Hulunbeir	DING Xiaohui, LUO Shuzheng, LIU Jinwei, et al (3467)
Concentrations and distributions of selenium and heavy metals in Hainan paddy soil and assessment of ecological security	GENG Jianmei, WANG Wenbin, WEN Cuiping, et al (3477)
Heavy metal contents and evaluation of farmland soil and wheat in typical area of Jiangsu Province	CHEN Jingdu, DAI Qigen, XU Xuehong, et al (3487)
The studies on the food web structures and trophic relationships in Guangxi Dongfang Cave by means of stable carbon and nitro- gen isotopes	LI Daohong, SU Xiaomei (3497)
Analysis of bacterial diversity in the Songhua River based on nested PCR and DGGE	TU Teng, LI Lei, MAO Guannan, et al (3505)

Preliminary delineation and classification of estuarine drainage areas for major coastal rivers in China	HUANG Jinliang, LI Qingsheng, HUANG Ling, et al (3516)
Estimation of spatial and seasonal changes in phytoplankton primary production in Meiliang Bay, Lake Taihu, based on the Vertically Generalized Production Model and MODIS data	YIN Yan, ZHANG Yunlin, SHI Zhiqiang, et al (3528)
Viability and changes of physiological functions in the tiger frog (<i>Hoplobatrachus rugulosus</i>) exposed to cold stress	WANG Na, SHAO Chen, XIE Zhigang, et al (3538)
Community structure and abundance dynamics of soil collembolans in transgenic Bt rice paddyfields	ZHU Xiangyu, LI Zhiyi, CHANG Liang, et al (3546)
Morphological characteristics and microsatellite DNA genetic diversity of Nigeria African honey bee, Anhui <i>Apis mellifera</i> and theirs hybrid generation II	YU Linsheng, XIE Wenfei, WU Houchang, et al (3555)
Effects of social-demographic factors on the recreational service of park wetlands in Beijing	LI Fen, SUN Ranhao, CHEN Liding (3565)
Co-integration theory-based analysis on relationships between economic growth and eco-environmental changes: taking the south-east district in Chongqing city as an example	XIAO Qiang, HU Dan, XIAO Yang, et al (3577)
The cooperative environmental game model in the Tidal River Network Regions and its empirical research	LIU Honggang, CHEN Xingeng, PENG Xiaochun (3586)

Review and Monograph

Review of eco-efficiency accounting method and its applications	YIN Ke, WANG Rusong, ZHOU Chuanbin, et al (3595)
Overview on the 6th international symposium on modern ecology series of 2011	WEN Teng, XU Delin, XU Chi, et al (3606)

Discussion

Scale analysis of environmental factors and their relationship with the size of hierarchical aquatic ecoregion: a case study in the Liao River basin	LIU Xingcai, XU Zongxue, ZHANG Shurong, et al (3613)
--	--

Scientific Note

Effects of different light intensities on activities of the primary defense proteins in needles of <i>Larix gmelinii</i>	LU Yifang, SHI Lei, YAN Shanchun (3621)
An analysis of photosynthetic parameters among <i>Schima superba</i> provenances	XIONG Caiyun, ZENG Wei, XIAO Fuming, et al (3628)
Research on three small-scale agricultural ecological-economic systems in Shenzhen City based on emergy analysis	YANG Zhuoxiang, GAO Yang, ZHAO Zhiqiang, et al (3635)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 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

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 32 卷 第 11 期 (2012 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 11 (June, 2012)

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:100071	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