

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

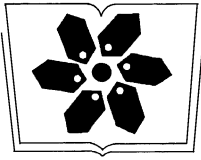
## Acta Ecologica Sinica



第32卷 第5期 Vol.32 No.5 **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 5 期      2012 年 3 月 (半月刊)

## 目 次

淀山湖富营养化过程的统计学特征 .....	程 曦, 李小平, 陈小华 (1355)
拟水狼蛛对食物中镉的吸收和排泄及生物学响应 .....	张征田, 张光铎, 张虎成, 等 (1363)
接种后共培养时间对丛枝菌根喜树幼苗喜树碱含量的影响 .....	于 洋, 于 涛, 王 洋, 等 (1370)
沙尘暴发生日数与空气湿度和植物物候的关系——以民勤荒漠区为例 .....	常兆丰, 王耀琳, 韩福贵, 等 (1378)
西藏牦牛 mtDNA D-loop 区的遗传多样性及其遗传分化 .....	张成福, 徐利娟, 姬秋梅, 等 (1387)
红松阔叶混交林林隙土壤水分分布格局的地统计学分析 .....	李 猛, 段文标, 陈立新, 等 (1396)
黄土丘陵区子午岭不同植物群落下土壤氮素及相关酶活性的特征 .....	邢肖毅, 黄懿梅, 黄海波, 等 (1403)
毛竹高速生长期土壤碳氮动态及其微生物特性 .....	王雪芹, 张奇春, 姚槐应 (1412)
长期 N 添加对典型草原几个物种叶片性状的影响 .....	黄菊莹, 余海龙, 袁志友, 等 (1419)
接种 AMF 对菌根植物和非菌根植物竞争的影响 .....	张宇亭, 王文华, 申 鸿, 等 (1428)
福州大叶榕隐头果内的小蜂群落结构与多样性 .....	吴文珊, 陈友铃, 蔡美满, 等 (1436)
不同生境朝鲜淫羊藿生长与光合特征 .....	张永刚, 韩 梅, 韩忠明, 等 (1442)
基于日均温度的华山松径向生长敏感温度研究 .....	封晓辉, 程瑞梅, 肖文发, 等 (1450)
长江三峡库区蝶类群落的等级多样性指数 .....	马 琦, 李爱民, 邓合黎 (1458)
甜瓜幼苗叶片光合变化特性 .....	韩瑞锋, 李建明, 胡晓辉, 等 (1471)
双季稻田种植不同冬季作物对甲烷和氧化亚氮排放的影响 .....	唐海明, 肖小平, 帅细强, 等 (1481)
古尔班通古特沙漠西部地下水位和水质变化对植被的影响 .....	曾晓玲, 刘 彤, 张卫宾, 等 (1490)
流溪河水库颗粒有机物及浮游动物碳、氮稳定同位素特征 .....	宁加佳, 刘 辉, 古滨河, 等 (1502)
采用本土蔬菜种子替代水藓评价污泥有机腐熟度 .....	刘颂颂, 许田芬, 吴启堂, 等 (1510)
人为营养物质输入对汉丰湖不同营养级生物的影响——稳定 C、N 同位素分析 .....	李 斌, 王志坚, 金 丽, 等 (1519)
流沙湾海草床海域浮游植物的时空分布及其影响因素 .....	张才学, 陈慧妍, 孙省利, 等 (1527)
福寿螺的过冷却研究 .....	赵本良, 章家恩, 罗明珠, 等 (1538)
水稻生育期对褐飞虱和白背飞虱卵巢发育及起飞行为的影响 .....	陈 宇, 傅 强, 赖凤香, 等 (1546)
绿盲蝽越冬卵的耐寒能力 .....	卓德干, 李照会, 门兴元, 等 (1553)
陆桥岛屿环境下社鼠种群数量的估算方法 .....	张 旭, 鲍毅新, 刘 军, 等 (1562)
北京市居民食物消费碳足迹 .....	吴 燕, 王效科, 逯 非 (1570)
社会经济系统磷物质流分析——以安徽省含山县为例 .....	傅银银, 袁增伟, 武慧君, 等 (1578)
内陆河流域试验拍卖水权定价影响因素——以黑河流域甘州区为例 .....	邓晓红, 徐中民 (1587)
<b>专论与综述</b>	
台风对森林的影响 .....	刘 斌, 潘 澜, 薛 立 (1596)
海洋酸化对珊瑚礁生态系统的影响研究进展 .....	张成龙, 黄 晖, 黄良民, 等 (1606)
三种外来入侵斑潜蝇种间竞争研究进展 .....	相君成, 雷仲仁, 王海鸿, 等 (1616)
沉积物生源要素对水体生态环境变化的指示意义 .....	于 宇, 宋金明, 李学刚, 等 (1623)
异化 Fe(III) 还原微生物研究进展 .....	黎慧娟, 彭静静 (1633)
<b>问题讨论</b>	
锡林郭勒盟生态脆弱性 .....	徐广才, 康慕谊, Marc Metzger, 等 (1643)
<b>研究简报</b>	
哥斯达黎加外海夏季表层浮游动物种类组成及分布 .....	刘必林, 陈新军, 贾 涛, 等 (1654)



**封面图说:** 气候变暖下的北极冰盖——自从 1978 年人类对北极冰盖进行遥感监测以来, 北极冰正以平均每年 8.5% 的速度持续缩小, 每年 1500 亿吨的速度在融化。这使科学家相信, 冰盖缩小的根本原因是全球变暖。北极的冰盖消失, 让更大面积的深色海水暴露出来, 使海水吸收更多太阳热辐射反过来又加剧冰盖融化。由于北极冰的加速融化, 北冰洋的通航已经成为 21 世纪初全球最重要的自然地理事件和生态事件。从这张航片可以看到北极冰缘正在消融、开裂崩塌的现状。

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

DOI: 10.5846/stxb201101150079

张永刚, 韩梅, 韩忠明, 刘翠晶, 杨利民. 不同生境朝鲜淫羊藿生长与光合特征. 生态学报, 2012, 32(5): 1442-1449.

Zhang Y G, Han M, Han Z M, Liu C J, Yang L M. Growth and photosynthetic characteristics of *Epimedium koreanum* Nakai in different habitats. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(5): 1442-1449.

## 不同生境朝鲜淫羊藿生长与光合特征

张永刚, 韩梅, 韩忠明, 刘翠晶, 杨利民\*

(吉林农业大学中药材学院, 吉林省生态恢复与生态系统管理重点实验室, 长春 130118)

**摘要:**选择朝鲜淫羊藿野外生存的林缘、林窗和林下 3 种生境, 研究朝鲜淫羊藿形态特征、光合特征、叶绿素含量、生物量积累及分配对不同光环境的响应。结果表明, 朝鲜淫羊藿株高、茎径、总叶面积等形态指标随光照强度减弱明显减小, 各生境间差异显著。随光照强度降低, 朝鲜淫羊藿的净光合速率、水分利用效率、气孔限制值、叶绿素 a/b 降低, 而胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、光能利用效率、叶绿素 b 和总叶绿素含量增加。各器官生物量积累随光照强度减弱而降低, 各生境间差异极显著, 其中, 林缘地上生物量是林窗的 1.6 倍, 林下的 3.1 倍。生物量分配方面, 叶生物量比、叶面积比率、比叶面积随光照强度减弱而增加, 根状茎生物量比和根冠比降低, 林缘、林窗与林下差异极显著; 林下、林缘、林窗朝鲜淫羊藿地上部分生物量比分别为 0.733、0.659、0.664, 林下朝鲜淫羊藿与林缘、林窗存在不同的光利用策略和生存策略。朝鲜淫羊藿作为极易遭受利用和生境破坏威胁的物种, 宜在适度荫闭的林缘和疏林下开展野生抚育或仿生态栽培。

**关键词:**朝鲜淫羊藿; 生境; 光照强度; 光合特征; 生物量; 形态特征

## Growth and photosynthetic characteristics of *Epimedium koreanum* Nakai in different habitats

ZHANG Yonggang, HAN Mei, HAN Zhongming, LIU Cuijing, YANG Limin\*

Key Laboratory for Ecological Restoration and Ecosystem Management of Jilin Province, College of Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun, 130118, China

**Abstract:** *Epimedium koreanum* Nakai is a perennial herb of Berberidaceae, a common traditional Chinese herb officially listed in the pharmacopoeia of the People's Republic of China and distributed in Changbaishan Mountains, coast of Japan Sea and North Korea. From the beginning, the sources of traditional Chinese herbs are mainly wildly grown plants, but this situation cannot be maintained since the growing demand of the increasing population and higher dosage devastate the natural resources. So the agricultural cultivation and wild-simulated production are efficient methods for protecting the wild resource and meeting the supply. The optimal ecological factors are keys to production. The characteristics of morphology, photosynthesis, chlorophyll content and accumulation and allocation of biomass were studied in three habitats (the open land of forest edge, forest edge and forest understory, respectively), differing mainly in light intensity and crown density. Samples and investigation were obtained on Cuocao Groove (126°39'E, 41°45'N), the Southeast foot of Changbaishan Mountains, Jilin Province, China. The parameters ( $P_n$ ,  $T_r$ ,  $G_s$  and  $C_i$ ) of *E. koreanum* in different habitats were tested by LCpro+ portable photosynthesis. After testing, 20 entire plants in each habitat were grubbed up. The characteristics of morphology and the biomass of different organs in total plant were taken. The chlorophylls were extracted with acetone and the contents were determined by ultraviolet spectrophotometry. The results showed that the plant height, stem diameter,

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(30570173); 吉林省科技发展计划重大资助项目(20075022); 省部共建国家重点实验室培育基地-吉林省生态恢复与生态系统管理重点实验室开放基金资助项目(DS2004-20)

收稿日期: 2011-01-15; 修订日期: 2011-07-11

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ylmh777@126.com

total leaf area and other morphological indexes decreased with the weakening of light intensity, the same as the  $Pn$ ,  $WUE$ ,  $Ls$ ,  $Chl\ a/b$  and biomass accumulation of organs. On the contrary, the  $Ci$ ,  $LUE$ ,  $Chl\ b$  and total  $Chl$  increased. The differences at morphological indexes and biomass accumulation were significant at 0.05 level ( $P < 0.05$ ) and 0.01 level ( $P < 0.01$ ) in different habitats, respectively. The aboveground biomass at forest edge was 1.6 times and 3.1 times to that at the open land of forest edge and forest understory, respectively. As far as the biomass allocation, the leaf biomass ratio, leaf area ratio and specific leaf area increased with the weakening of light intensity. In contrast, the rhizome biomass ratio and ratio of rhizome/shoot decreased. The biomass allocation in three habitats were very significantly different ( $P < 0.01$ ). The aboveground biomass ratios were 0.733, 0.659 and 0.664 at the forest understory, forest edge and open land of forest edge, respectively. The utilizing light way and surviving way of *E. koreanum* at different habitats were different. The ecological factors of forest edge and open land of forest edge were more beneficial to clonal growth of rhizome than that of forest understory. This paper can provide a scientific basis for the utilization and management of wild resource and the bionic cultivation of *E. koreanum*.

**Key Words:** *Epimedium koreanum* Nakai; habitat; light intensity; photosynthetic characteristics; biomass; morphological features

朝鲜淫羊藿(*Epimedium koreanum* Nakai)为小檗科长根状茎型多年生草本植物。在中国长白山地区、日本海沿岸、朝鲜北部均有分布<sup>[1]</sup>。多生疏林下、灌丛间或林缘半阴环境<sup>[2]</sup>。地上部分入药,补肾阳,强筋骨,祛风湿<sup>[3]</sup>。具有免疫增强<sup>[4-5]</sup>、抗衰老<sup>[6]</sup>、改善性功能<sup>[7]</sup>等作用。在淫羊藿属众多植物种类中,以朝鲜淫羊藿质量最佳,是我国重要的药用植物资源<sup>[8]</sup>。朝鲜淫羊藿的有性生殖能力较弱,主要以无性繁殖维持种群更新与增长,是极易遭到过度利用威胁的易危物种<sup>[9]</sup>。吉林省长白山区作为朝鲜淫羊藿的原产区,尚未实现真正的人工栽培,野生资源因长期过度利用已出现萎缩<sup>[10]</sup>。因此,朝鲜淫羊藿野生资源保育及实现可持续利用等研究显得尤为突出和重要,而有关其生理生态学基础研究尚无报道。本研究选择朝鲜淫羊藿野外生存的林缘、林窗、林下3种生境,研究了其形态特征、光合特征、叶绿素含量、生物量积累及分配对不同光环境的响应,探寻其对不同生境的适应机制,揭示其光适应策略,旨在为朝鲜淫羊藿资源的合理开发和可持续利用,以及选择适宜生境和林分类型实施野生抚育和仿生态栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地区概况

本研究在吉林省临江市错草沟(126°39' E, 41°45' N)进行,地处吉林省东南部,属北半球温带湿润大陆性季风气候区,昼夜温差大,年均气温5.6℃,年降雨量800 mm左右,土壤为山地棕色森林土。研究样地植被的乔木层主要有蒙古栎(*Quercus mongolica* Fischer ex Ledebour)、花曲柳(*Fraxinus rhynchophylla* Hance)、胡桃楸(*Juglans mandshurica* Maxim.)、紫椴(*Tilia amurensis* Rupr.)、大果榆(*Ulmus macrocarpa* Hance)和色木槭(*Acer mono* Maxim.)等,灌木层主要有毛榛(*Corylus mandshurica* Maxim.)、刺五加(*Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms)、胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz.)、乌苏里鼠李(*Rhamnus ussuriensis* J. Vass.)等,草本层局部以朝鲜淫羊藿为单一优势种,并伴生有歪头菜(*Vicia unijuga* A. Br.)、山茄子(*Brachybotrys paridiformis* Maxim. ex Oliv.)、山尖子(*Parasenecio hastatus* (Linn.) H. Koyama)、宽叶山蒿(*Artemisia stolonifera* (Maxim.) Komar.)、穿龙薯蓣(*Dioscorea nipponica* Makino)、玉竹(*Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce)、藜芦(*Veratrum nigrum* Linn.)等。经踏查,选择林缘、林窗、林下3个相距约150 m自然样地。经多因素主成分分析表明,3个样地生境的主要差异是由光照强度不同,进而导致气温、空气湿度和土壤水分状况的差异。林缘位于样地南面,郁闭度较低,光照较强,气温较高,而空气湿度和土壤水分相对较低;林下郁闭度高,光照强度和气温偏低,空气湿度和土壤水分相对较高;林窗形状近椭圆形,面积约为30 m<sup>2</sup>,朝鲜淫羊藿种群生长在林窗西南边缘,生境条件基本界于林缘与林下之间(表1)。



表 1 朝鲜淫羊藿不同生境基本环境因子

Table 1 Basic environmental factors of *Epimedium koreanum* in different habitats

环境因子 Environmental factors	生境 Habitat		
	林缘 Edge	林窗 Gap	林下 Understorey
海拔 Altitudes /m	849	828	821
坡向坡度 Slope gradient	南,40°	东偏南,20°	北,30°
郁闭度 Crown density /%	50	60	80
照度 Light illumination/lx	2317±190aA	1766±183bB	983±120cC
气温 Air temperature /°C	21.4±0.5bB	22.6±0.5aA	19.8±0.6cC
空气湿度 Air humidity /%	78.4±1.6bA	78.9±2.3bA	83.6±3.7aA
土壤相对含水量 Soil moisture /%	28.1±6.2aA	30.3±5.5 aA	34.2±5.1 aA

此表为 2010 年 9 月 1 日中午实测数据;数据后小写字母表示各生境间差异显著 ( $P < 0.05$ ),大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ )

## 1.2 实验材料和实验设计

2010 年 9 月 1 日测定 3 个生境朝鲜淫羊藿自然环境下健康叶片的光合作用。因雨季山区早晨多浓雾,故测定在 10:00—16:00 进行,每隔 2 h 测定 1 次。光合作用测定结束后,分别挖取各生境朝鲜淫羊藿 20 株,测定其单株生物量。

## 1.3 测定方法

使用 LCpro+便携式光合作用系统 (ADC BioScientific Ltd., UK) 测定不同生境朝鲜淫羊藿的净光合速率 ( $P_n$ )、蒸腾速率 ( $T_r$ )、气孔导度 ( $G_s$ )、胞间  $CO_2$  浓度 ( $C_i$ ) 等参数,同时记录光合有效辐射 (PAR) 和大气  $CO_2$  浓度 ( $C_a$ ) 等环境参数,并据此计算气孔限制值 ( $L_s$ ) =  $1 - C_i/C_a$ 、瞬时水分利用效率 ( $WUE$ ) =  $P_n/T_r$ 、表观光能利用效率 ( $LUE$ ) =  $P_n/PAR$ 。

用直尺测量株高、1 龄和 2 龄根状茎长度;用数显游标卡尺测量茎直径、1 龄和 2 龄根状茎直径;用 CI-203 (CD, Inc, USA) 手持式激光叶面积仪测定叶面积。将朝鲜淫羊藿分为茎、叶、根状茎 3 部分,于 60 °C 下烘干至恒重。称量单株各部分干重 (根状茎干重为 1 龄和 2 龄根状茎干重),并计算根状茎生物量比 (Rhizome biomass ratio, RMR, 根状茎重/总生物量)、茎生物量比 (Stem biomass ratio, SMR, 茎重/总生物量)、叶生物量比 (Leaf biomass ratio, LMR, 叶重/总生物量)、根冠比 (Rhizome to shoot ratio, R/S, 根状茎重/地上生物量),结合形态测量的总叶面积计算叶面积比率 (Leaf area ratio, LAR, 总叶面积/总生物量) 和比叶面积 (Specific leaf area, SLA, 总叶面积/叶重)。叶绿素含量采用丙酮提取法<sup>[11]</sup>,使用 UV1700 型分光光度计测定。

## 1.4 数据分析

用 SPSS13.0 (SPSS for windows, version 13.0, Chicago, Illinois) 进行方差分析比较各个参数在不同生境条件下的差异,存在显著差异的进行多重比较,并用字母进行标记。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生境朝鲜淫羊藿形态特征的变化

朝鲜淫羊藿的形态特征在不同生境下存在差异 (表 2)。总体来看,林缘生长情况最好,林下最差。株高、茎径、总叶面积均表现为林缘 > 林窗 > 林下,各生境间差异达显著或极显著水平,尤以林缘与林下之间差异最为明显。根状茎长以林窗最大,根状茎直径以林缘最大,均与另外 2 种生境差异极显著。

### 2.2 不同生境朝鲜淫羊藿光合特征日变化

不同生境光照水平显著影响朝鲜淫羊藿的光合特征和资源利用效率 (表 3)。随光照强度降低朝鲜淫羊藿的净光合速率、气孔限制值、水分利用效率显著降低,胞间  $CO_2$  浓度、光能利用效率显著提高。蒸腾速率及气孔导度总体呈现林下 > 林缘 > 林窗。光合特征日变化表明,林缘净光合速率呈现单峰曲线,中午前后最大;林窗净光合速率在 10:00 至 14:00 较为平稳,波动较小,而后显著降低;林下净光合速率在测定时间内一直保持较低数值,总体呈降低趋势,3 种生境间差异极显著。3 种生境的蒸腾速率日变化均表现逐渐降低趋势,林下最大,与林缘、林窗差异极显著。林下胞间  $CO_2$  浓度最大值出现在中午,而林缘、林窗在测定时间内则呈现

逐渐降低趋势,林下总体显著高于林缘和林窗。林缘气孔导度呈单峰曲线,最大值出现在中午;林窗和林下气孔导度总体呈下降趋势,林窗 10:00 最大,而后显著降低,林下上午数值较大,午后显著下降。3 种生境气孔限制值均呈现单峰曲线,林缘、林窗最大值出现在中午,而林下出现在 14:00,林缘和林窗显著高于林下。水分利用效率方面,3 种生境亦均呈现单峰曲线,林缘在中午最大,林窗和林下在 14:00,林缘利用效率最高,林下最低,各生境间差异明显。光能利用效率方面,林缘、林窗利用效率较低,在测定时间内波动较小,林下利用效率较高,与林缘、林窗差异极显著。

表 2 不同生境朝鲜淫羊藿形态特征比较

Table 2 Comparisons of morphological features of *E. koreanum* in different habitats

参数 Parameters	生境 Habitat		
	林缘 Edge	林窗 Gap	林下 Understorey
株高 Height /cm	50.6 ± 5.9aA	42.8 ± 3.8bB	39.6 ± 5.0cB
茎径 Stem diameter /mm	4.34 ± 0.88aA	3.76 ± 0.74bA	2.62 ± 0.50cB
总叶面积 Total leaf area /cm <sup>2</sup>	598.50 ± 186.13aA	398.63 ± 93.52bB	287.09 ± 37.21cC
2 龄根状茎长 2 age rhizome length /cm	4.9 ± 1.4bB	6.9 ± 2.8aA	4.7 ± 1.3bB
2 龄根状茎直径 2 age rhizome diameter /mm	5.20 ± 1.04aA	2.76 ± 0.60bB	2.41 ± 0.44bB
1 龄根状茎长 1 age rhizome length /cm	5.5 ± 2.4bB	8.2 ± 2.2aA	3.9 ± 2.2cB
1 龄根状茎直径 1 age rhizome diameter /mm	2.71 ± 0.44aA	1.76 ± 0.16bB	1.53 ± 0.28cB

表 3 不同生境朝鲜淫羊藿光合特征日变化比较

Table 3 Comparisons of photosynthetic diurnal changes of *E. koreanum* in different habitats

参数 Parameters	生境 Habitat	时间 Time			
		10:00	12:00	14:00	16:00
光合有效辐射 PAR /( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	林缘	86.286±24.985aA	93.778±11.111aA	71.111±27.219aA	65.889±12.404aA
	林窗	52.143±34.193aA	54.667±3.279bB	61.889±1.054aA	36.111±8.681bB
	林下	2.286±0.756bB	3.556±0.882cC	3.111±17.546bB	2.222±0.667cC
净光合速率 $P_n$ /( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	林缘	6.648±1.787aA	9.378±1.869aA	7.179±1.521aA	5.026±0.717aA
	林窗	5.139±0.714bA	5.193±0.906bB	5.117±0.871bB	3.458±0.353bB
	林下	1.468±0.251cB	1.373±0.420cC	1.354±0.335cC	1.338±0.056cC
蒸腾速率 $T_r$ /( $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	林缘	3.051±0.379bB	2.335±0.141bB	1.973±0.279bAB	1.685±0.164bB
	林窗	2.659±0.209cB	2.050±0.267cC	1.663±0.175cB	1.642±0.301bB
	林下	3.565±0.277aA	2.713±0.193aA	2.223±0.369aA	2.350±0.557aA
气孔导度 $G_s$ /( $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	林缘	0.506±0.139cB	1.344±0.310bB	0.984±0.068aA	0.649±0.132aA
	林窗	1.779±0.777bA	0.463±0.119cC	0.454±0.113bB	0.423±0.087bA
	林下	2.323±0.216aA	1.874±0.389aA	0.363±0.032cB	0.596±0.346abA
胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 $C_i$ /( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	林缘	363.250±26.310bB	353.170±11.792bB	350.920±8.565bB	349.920±6.543bB
	林窗	390.880±14.277aA	365.920±13.035bB	357.000±19.508bB	351.250±7.887bB
	林下	399.000±4.8107aA	406.920±27.714aA	382.250±10.729aA	369.670±2.309aA
气孔限制值 $L_s$	林缘	0.094±0.051aA	0.116±0.021aA	0.096±0.021aA	0.088±0.013aA
	林窗	0.058±0.012bA	0.096±0.023bA	0.096±0.017aA	0.079±0.014aA
	林下	0.012±0.002cB	0.016±0.005cB	0.088±0.013aA	0.030±0.012bB
水分利用效率 WUE /(mmol/mol)	林缘	2.247±0.825aA	4.047±0.892aA	3.636±0.568aA	3.086±0.567aA
	林窗	1.950±0.355aA	2.573±0.541bB	3.074±0.392bB	2.155±0.359bB
	林下	0.412±0.066bB	0.510±0.165cC	0.635±0.201cC	0.608±0.184cC
光能利用效率 LUE /(mmol/mol)	林缘	78.561±27.919bB	136.784±92.697bB	108.718±33.901bB	72.949±13.311cC
	林窗	124.907±70.314bB	109.553±27.957bB	82.282±41.412bB	108.069±27.735bB
	林下	678.125±143.575aA	423.333±98.202aA	524.167±194.736aA	669.167±28.110aA

### 2.3 不同生境朝鲜淫羊藿生物量积累及其分配变化

生境的变化显著影响朝鲜淫羊藿的生物量的积累和分配(图 1)。朝鲜淫羊藿的叶生物量、茎生物量、根状茎生物量、总生物量均表现为林缘>林窗>林下,各生境间差异极显著。生物量分配方式变化规律表明

显,叶生物量比表现为林缘<林窗<林下,林下与林窗、林缘差异分别达显著和极显著水平;而根状茎生物量比则表现为林缘>林窗>林下,林缘和林窗分别与林下差异达极显著和显著水平;各生境间茎生物量比差异不显著。叶面积比率和比叶面积表现为林缘<林窗<林下,林下与林窗、林缘均差异极显著。根冠比与根状茎生物量比表现一致。林缘和林窗在生物量分配方面差异均不显著。

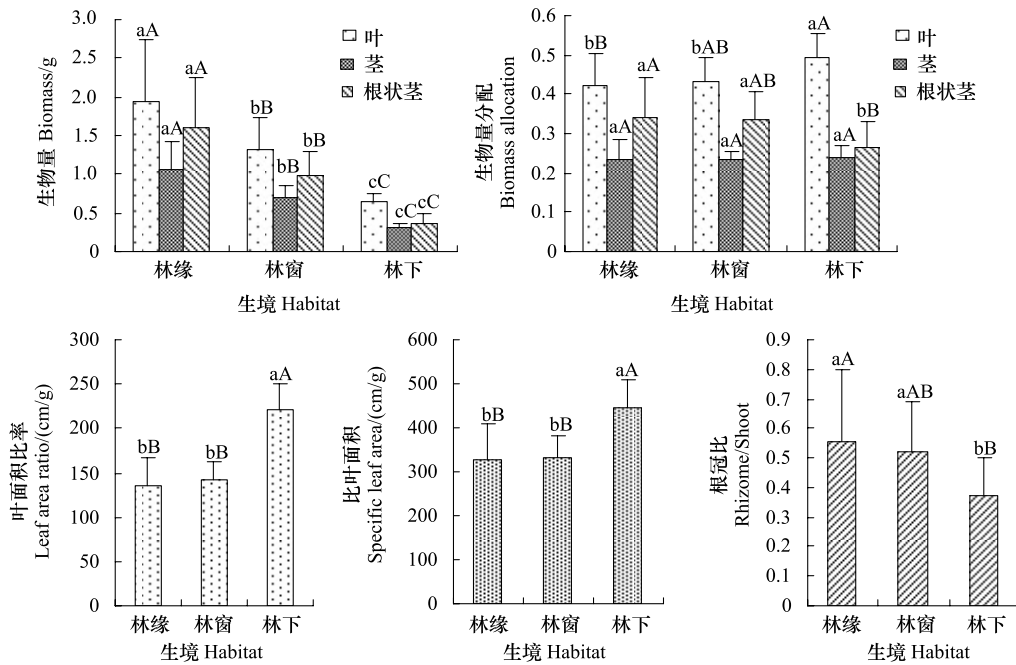


图1 不同生境下朝鲜淫羊藿生物量积累及其分配比较

Fig. 1 Comparisons of accumulation and allocation of *E. koreanum* in different habitats

2.4 不同生境朝鲜淫羊藿叶绿素含量的变化

不同生境朝鲜淫羊藿叶片叶绿素含量差异明显(图2)。3个生境的朝鲜淫羊藿随光照强度降低叶绿素a、叶绿素b和总叶绿素总体呈现增加趋势,尤以总叶绿素含量最为明显,各生境间差异极显著;而叶绿素a/b则呈现相反的趋势,即随光照强度较低逐渐下降,各生境间差异显著。

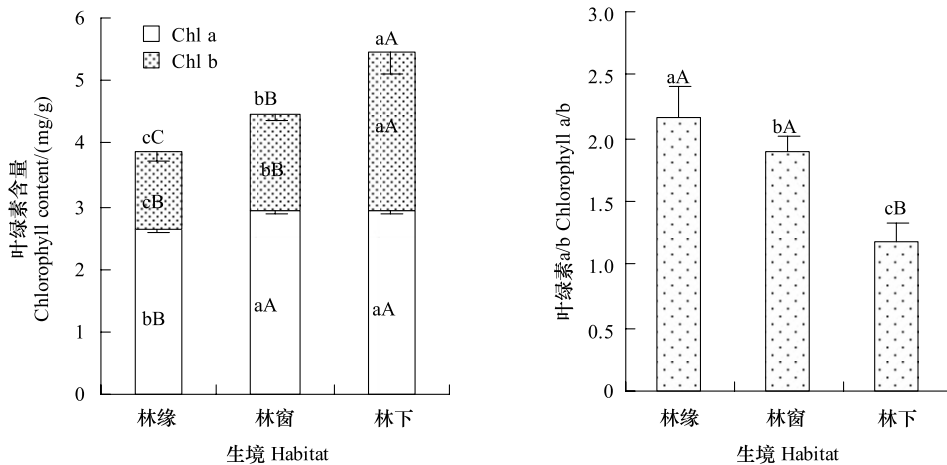


图2 不同生境下朝鲜淫羊藿叶绿素含量比较

Fig. 2 Comparisons of chlorophyll content of *E. koreanum* in different habitats

### 3 讨论

光是影响植物的重要生态因子之一,是植物生长发育和形态建成的必要条件。生境的光照条件通过影响光合速率、水分供需而影响植株生长、叶绿素含量、生物量积累和分配。同种植物长期生长在不同光环境下,其表型及生理生态特性会产生不同的响应,出现趋异适应<sup>[12]</sup>。不同生境的光照强度影响了朝鲜淫羊藿的形态生长,其株高、茎径、总叶面积随光照强度减弱明显减小,表明在适度荫闭的林缘下朝鲜淫羊藿生长良好。Begna SH 等<sup>[13]</sup>认为阴影下辐射光线主要为远红光,植物中光敏色素的 Pfr 形式转为 Pr 形式,茎的伸长被促进。但有一些林冠下生长的阴影植物,由于长期适应了林冠下的光照条件,它们的茎生长并不为远红光所促进。本研究中朝鲜淫羊藿株高并没有因为生境郁闭度增加而得到促进,说明朝鲜淫羊藿已长期适应了荫闭环境,在野外强光生境中难以建成种群。

不同生境朝鲜淫羊藿形态生长的变化在很大程度上受光合能力的影响,光照强弱影响光合速率,影响生物化学能的供应,进而影响植物对养分的主动吸收。根据 Farquhar GD 等<sup>[14]</sup>的研究, $P_n$  降低伴随着  $C_i$  的提高时, $P_n$  降低的主要原因是非气孔因素。随光照强度减弱朝鲜淫羊藿其气孔限制值降低,胞间  $CO_2$  的浓度增加,有利于固定  $CO_2$  和增加光能利用效率,但其光合速率明显降低,表明捕获光能总量不足是林下朝鲜淫羊藿光合速率下降的主要原因,进而限制其生长。许多研究表明适度遮荫或林窗下为植物尤其是幼苗阶段最佳生长环境<sup>[15-18]</sup>。另外,光照还影响蒸腾作用,蒸腾作用的强弱是表明植物水分代谢重要生理指标之一,一般光合速率高,蒸腾速率也较高<sup>[19]</sup>。本研究中朝鲜淫羊藿蒸腾速率则表现为林下>林缘>林窗,可能与林下水分充足、植株水势较高等因素有关。

比叶面积和叶面积比率与植物长期生长的光环境密切相关。叶绿素作为光合作用的光敏催化剂,也与光合作用密切相关,其含量和比例是植物适应和利用环境因子的重要指标<sup>[20]</sup>。从林缘、林窗至林下随光照强度降低,朝鲜淫羊藿的比叶面积和叶面积比率增大,叶生物量减小,叶片变薄,光合叶面积相对增加,叶绿素 b 及总叶绿素含量升高,叶绿素 a/b 值降低,利用弱光能力增强。林下朝鲜淫羊藿生物量减少,但叶生物量比增加,表明光合器官投入增加,这是植物适应低光强而采取的普遍策略<sup>[21]</sup>。同时,叶绿素的增加有利于林下朝鲜淫羊藿捕获较多的光能,用以弥补外界的光照不足,这亦是其对弱光的适应策略。然而林下朝鲜淫羊藿生物量积累能力降低,生长状况相对较差,显然这种策略并不适宜。

比较朝鲜淫羊藿的生物量分配可以发现,林下朝鲜淫羊藿地上部分生物量比为 0.733,而林缘和林窗分别为 0.659、0.664,林下与林缘、林窗差异极显著,说明林下朝鲜淫羊藿倾向于把更多的干物质投入于茎叶中,而林缘和林窗朝鲜淫羊藿则同化相对较多的营养物质用于地下部分的拓展,显示出林下与林缘、林窗存在不同的光利用策略和生存策略。分配模式的改变满足了植物生长发育和功能的不同需求<sup>[22]</sup>。叶生物量比和叶面积比率在林下的增加有利于增加光能的捕获,而根状茎生物量比在林缘或林窗的增加有利于植物维持正常的水分吸收和蒸腾,保证较高的光合速率,因而造成根冠比随光照强度的降低而减小。同时,朝鲜淫羊藿作为具有典型克隆生长习性的植物,其根状茎既是养分储藏器官,亦是克隆繁殖器官,其基本功能不仅具有储存营养物质、获取地下资源用以维持种群生长更新;更具有觅食和繁殖功能,以及连接克隆分株实现克隆内整合与资源共享,降低基株和分株死亡风险的作用<sup>[23-24]</sup>。光照强度和水分条件相对较好的林缘和林窗生境条件下,朝鲜淫羊藿根冠比较大,有利于其投入地下根状茎进行克隆生长;叶面积、叶生物量和总生物量较大又有利于其高效率的利用生境中异质性分布的光、水资源进行光合作用。而林下朝鲜淫羊藿显然不利于进行克隆繁殖和生长。存在林缘>林窗>林下的种群总密度也证明这一点。

本实验室研究表明<sup>[9, 25]</sup>,随着生境郁闭度增大和光照强度降低,朝鲜淫羊藿有性生殖能力明显下降;其有性生殖对种群更新的贡献率非常低。李作洲认为<sup>[26]</sup>,淫羊藿属植物早春开花,晚春夏初种子成熟的习性可能与其适应生存竞争压力及其种子蚁播特性有关。因此,在生殖策略方面朝鲜淫羊藿属于典型的 K 对策者,更多的营无性繁殖。其种群中只有 2 龄根状茎无性繁殖活力最高<sup>[9]</sup>,只有 2—3 龄根状茎产生的克隆分株具有地上茎叶进行光合作用。大多数只有地下根状茎和根而无茎叶的分株通过相互连接的根状茎和根收集较



大面积内地下资源供具茎叶分株的同化过程所用,而这些根状茎和根由来自茎叶分株的同化产物维持。这些不同分株间的功能分工有利于增加朝鲜淫羊藿在荫闭生境中的适合度,降低了整个基株的死亡风险,这与董鸣的观点相符<sup>[23]</sup>。另外,朝鲜淫羊藿多把能量资源投入到提高竞争能力上,主要用于营养结构的生长,能量较少的分配给花和种子,种子发芽率低。其占有的生境比较稳定,处于演替系列后期阶段的群落中,种群扩散能力相对较弱,属于自稳定种群。因此,朝鲜淫羊藿分布具有特定的区域,是窄域种,极易遭受利用和生境破坏威胁。

#### References:

- [ 1 ] Ying T S. Petal evolution and distribution patterns of *Epimedium* L. (Berberidaceae). *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 2002, 40(6): 481-489.
- [ 2 ] Yang L M. *Plant Resources*. Beijing: China Agriculture Press, 2008: 104-104.
- [ 3 ] Chinese Pharmacopoeia Commission. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China (Volume I)*. Beijing: China Medical Science Press, 2010: 306-308.
- [ 4 ] Guo B L, Luo C N, Xiao P G. Advances in studies on epimedii amylose. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 1998, 23(7): 436-437.
- [ 5 ] Ding Y, Xing S T, Zhou J H. The mechanism of mouse thymus atrophy caused by *Epimedium* Polysaccharide. *Chinese Journal of Immunology*, 1993, 9(3): 185-188.
- [ 6 ] Zheng N, Meng X L, Zhang Y, Lai X J, Zheng J, Cheng L Q, Ren C M. Studies on the antioxidative effect of constituents of *Herba Epimedii* (ESPS). *China Journal of Chinese Materia Medica*, 1997, 22(1): 46-48.
- [ 7 ] Xiong Y B, Zhou C H. The effect of extracts from *Herba Epimedii* and *Semen Cuscutae* on the function of male reproduction. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 1994, 29(2): 89-91.
- [ 8 ] Guo B L, Xiao P G. Comment on main species of *Herba Epimedii*. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2003, 28(4): 303-307.
- [ 9 ] Yang L M, Han M, Wu J S, Han Z M, Zhang L X. Population biomass and renewal potential of *Epimedium koreanum* Nakai in different habitats, Linjiang, Northeast China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(6): 2251-2258.
- [ 10 ] Xiao P G, Zhao R H, Long X C, Guo B L. Macroscopic analysis on production and marketing of medicinal material resources for sustainable development. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2009, 34(17): 2135-2139.
- [ 11 ] Zhang Z A, Zhang M S, Wei R H. *Experiment Guide for Plant Physiology*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2004: 43-45.
- [ 12 ] Parelle J, Roudaut J P, Ducrey M. Light acclimation and photosynthetic response of beech (*Fagus sylvatica* L.) saplings under artificial shading or natural Mediterranean conditions. *Annals of Forest Science*, 2006, 63(3): 257-266.
- [ 13 ] Begna S H, Dwyer L M, Cloutier D, Assemat L, DiTommaso A, Zhou X M, Prithiviraj B, Smith D L. Decoupling of light intensity effects on the growth and development of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> weed species through sucrose supplementation. *Journal of Experimental Botany*, 2002, 53(376): 1935-1940.
- [ 14 ] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology*, 1982, 33: 317-345.
- [ 15 ] Xu F, Guo W H, Xu W H, Wang R Q. Effects of light intensity on growth and photosynthesis of seedlings of *Quercus acutissima* and *Robinia pseudoacacia*. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(12): 3098-3107.
- [ 16 ] Hu Q P, Guo Z H, Li C Y, Ma L Y. Leaf morphology and photosynthetic characteristics of seedlings of a deciduous and an evergreen broad-leaved species under different light regimes in subtropical forests. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(7): 3262-3270.
- [ 17 ] Guo Z H, Zhang X D, Huang L L, Ju G S, Chen J. Solar energy and water utilization of *Quercus mongolica*, a deciduous broadleaf tree, in different light regimes across the edge of a deciduous broad-leaved forest. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 1047-1056.
- [ 18 ] Sheng H Y, Li W C, Chang J. Comparison of plasticity of seedling growth of two umbellaceae species in response to light intensity. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 1854-1861.
- [ 19 ] Wang D L, Wang Z W, Zhang X J. The comparison of photosynthetic physiological characteristics between the two divergent *Aneurolepidium chinense* types. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(6): 837-843.
- [ 20 ] Liu Y Q, Sun X Y, Wang Y, Liu Y. Effects of shades on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of *Urtica dioica*. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(8): 3457-3464.
- [ 21 ] Lambers H, Poorter H. Inherent variation in growth rate between higher plants; a search for physiological causes and ecological consequences. *Advances in Ecological Research*, 1992, 23: 187-216.
- [ 22 ] Larcher W. *Ökophysiologie der Pflanzen*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer GmbH and Co Wollgrasweg, 1994: 70-81.

- [23] Dong M. Plant clonal growth in heterogeneous habitats: risk-spreading. *Acta Phytocologica Sinica*, 1996, 20(6): 543-548.
- [24] Dong M. Clonal growth in plants in relation to resource heterogeneity: foraging behavior. *Acta Botanica Sinica*, 1996, 38(10): 828-835.
- [25] Wu J S, Han Z M, Yang L M. Study on clonal architecture and age structure of *Epimedium koreanum* population. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2006, 28(4): 393-397.
- [26] Li Z Z, Xu Y Q, Wang Y, Huang H W. Status and prospect of research on medicinal plants of *Epimedium* L. . *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2005, 36(2): 289-295.

#### 参考文献:

- [1] 应俊生. 淫羊藿属(小檗科)花瓣的演化和地理分布格局的研究. *植物分类学报*, 2002, 40(6): 481-489.
- [2] 杨利民. *植物资源学*. 北京: 中国农业出版社, 2008: 104-104.
- [3] 国家药典委员会. *中华人民共和国药典(一部)*. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 306-308.
- [4] 郭宝林, 罗崇念, 肖培根. 淫羊藿多糖研究进展. *中国中药杂志*, 1998, 23(7): 436-437.
- [5] 丁雁, 邢善田, 周金黄. 淫羊藿多糖致小鼠胸腺缩小的免疫药理机理研究. *中国免疫学杂志*, 1993, 9(3): 185-188.
- [6] 曾南, 孟宪丽, 张艺, 赖先荣, 郑军, 程龙琼, 任长茂. 淫羊藿有效成分抗氧化作用研究. *中国中药杂志*, 1997, 22(1): 46-48.
- [7] 熊跃斌, 周楚华. 淫羊藿及菟丝子提取物对雄性生殖功能的影响. *中国药理学杂志*, 1994, 29(2): 89-91.
- [8] 郭宝林, 肖培根. 中药淫羊藿主要种类评述. *中国中药杂志*, 2003, 28(4): 303-307.
- [9] 杨利民, 韩梅, 吴劲松, 韩忠明, 张连学. 朝鲜淫羊藿(*Epimedium koreanum* Nakai)不同生境种群生物量与更新潜力. *生态学报*, 2007, 27(6): 2251-2258.
- [10] 肖培根, 赵润怀, 龙兴超, 郭宝林. 中药资源可持续发展产销情况的宏观分析. *中国中药杂志*, 2009, 34(17): 2135-2139.
- [11] 张治安, 张美善, 蔚荣海. *植物生理学实验指导*. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004: 43-45.
- [15] 徐飞, 郭卫华, 徐伟红, 王仁卿. 不同光环境对麻栎和刺槐幼苗生长和光合特征的影响. *生态学报*, 2010, 30(12): 3098-3107.
- [16] 胡启鹏, 郭志华, 李春燕, 马履一. 不同光环境下亚热带常绿阔叶树种和落叶阔叶树种幼苗的叶形态和光合生理特征. *生态学报*, 2008, 28(7): 3262-3270.
- [17] 郭志华, 张旭东, 黄玲玲, 巨关升, Chen J. 落叶阔叶树种蒙古栎(*Quercus mongolica*)对林缘不同光环境光能和水分的利用. *生态学报*, 2006, 26(4): 1047-1056.
- [18] 盛海燕, 李伟成, 常杰. 伞形科两种植物幼苗生长对光照强度的可塑性响应. *生态学报*, 2006, 26(6): 1854-1861.
- [19] 王德利, 王正文, 张喜军. 羊草两个趋异类型的光合生理生态特性比较的初步研究. *生态学报*, 1999, 19(6): 837-843.
- [20] 刘悦秋, 孙向阳, 王勇, 刘音. 遮荫对异株荨麻光合特性和荧光参数的影响. *生态学报*, 2007, 27(8): 3457-3464.
- [23] 董鸣. 异质性生境中的植物克隆生长: 风险分摊. *植物生态学报*, 1996, 20(6): 543-548.
- [24] 董鸣. 资源异质性环境中的植物克隆生长: 觅食行为. *植物学报*, 1996, 38(10): 828-835.
- [25] 吴劲松, 韩忠明, 杨利民. 朝鲜淫羊藿种群无性系构型及其年龄结构的研究. *吉林农业大学学报*, 2006, 28(4): 393-397.
- [26] 李作洲, 徐艳琴, 王瑛, 黄宏文. 淫羊藿属药用植物的研究现状与展望. *中草药*, 2005, 36(2): 289-295.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 5 March, 2012 (Semimonthly)

## CONTENTS

- Statistical characteristics of eutrophication process in Dianshan Lake ..... CHENG Xi, LI Xiaoping, CHEN Xiaohua (1355)
- Cadmium assimilation and elimination and biological response in *Pirata subpiraticus* (Araneae: Lycosidae) fed on Cadmium diets .....  
..... ZHANG Zhengtian, ZHANG Guangduo, ZHANG Hucheng, et al (1363)
- Effect of co-cultivation time on camptothecin content in *Camptotheca acuminata* seedlings after inoculation with arbuscular  
mycorrhizal fungi ..... YU Yang, YU Tao, WANG Yang, et al (1370)
- Relationship between frequency of sandstorms and air humidity as well as plant phenology: a case study from the Minqin desert  
area ..... CHANG Zhaofeng, WANG Yaolin, HAN Fugui, et al (1378)
- Genetic diversity and evolution relationship on mtDNA D-loop in Tibetan yaks .....  
..... ZHANG Chengfu, XU Lijuan, JI Qiumei, et al (1387)
- Geostatistical analysis on spatiotemporal distribution pattern of soil water content of forest gap in *Pinus koraiensis* dominated  
broadleaved mixed forest ..... LI Meng, DUAN Wenbiao, CHEN Lixin, et al (1396)
- Soil nitrogen and enzymes involved in nitrogen metabolism under different vegetation in Ziwuling mountain in the Loess Plateau,  
China ..... XING Xiaoyi, HUANG Yimei, HUANG Haibo, et al (1403)
- Soil carbon, nitrogen and microbiological characteristics during bamboo high-speed growth .....  
..... WANG Xueqin, ZHANG Qichun, YAO Huaiying (1412)
- Effects of long-term increased soil N on leaf traits of several species in typical Inner Mongolian grassland .....  
..... HUANG Juying, YU Hailong, YUAN Zhiyou, et al (1419)
- Influence of arbuscular mycorrhizal associations on the interspecific competition between mycorrhizal and non-mycorrhizal plants .....  
..... ZHANG Yuting, WANG Wenhua, SHEN Hong, et al (1428)
- Structure and biodiversity of fig wasp community inside syconia of *Ficus virens* Ait. var. *sublanceolata* (Miq.) Corner in Fuzhou ...  
..... WU Wenshan, CHEN Youling, CAI Meiman, et al (1436)
- Growth and photosynthetic characteristics of *Epimedium koreanum* Nakai in different habitats .....  
..... ZHANG Yonggang, HAN Mei, HAN Zhongming, et al (1442)
- The critical temperature to Huashan Pine (*Pinus armandi*) radial growth based on the daily mean temperature .....  
..... FENG Xiaohui, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (1450)
- The analysis of grade diversity indices of butterfly community in the Three Gorges Reservoir Area of Yangtze River .....  
..... MA Qi, LI Aimin, DENG Heli (1458)
- Research on dynamic characteristics of photosynthesis in muskmelon seedling leaves .....  
..... HAN Ruifeng, LI Jianming, HU Xiaohui, et al (1471)
- Effects of different winter covering crops cultivation on methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emission fluxes from double-  
cropping paddy field ..... TANG Haiming, XIAO Xiaoping, SHUAI Xiqiang, et al (1481)
- Variations in groundwater levels and quality and their effects on vegetation in the western Grubantonggut Desert .....  
..... ZENG Xiaoling, LIU Tong, ZHANG Weibin, et al (1490)
- Carbon and nitrogen stable isotope characteristics of particulate organic matter and zooplankton in Liuxihe Reservoir .....  
..... NING Jiajia, LIU Hui, GU Binhe, et al (1502)
- Selection of vegetable seeds native in China instead of the cress seed for evaluating the maturity of biosolids .....  
..... LIU Songsong, XU Tianfen, WU Qitang, et al (1510)
- Effects of anthropogenic nutrient input on organisms from different trophic levels in Hanfeng Lake: evidence from stable carbon  
and nitrogen isotope analysis ..... LI Bin, WANG Zhijian, JIN Li, et al (1519)
- Temporal and spatial distribution of phytoplankton in Liusha Bay ..... ZHANG Caixue, CHEN Huiyan, SUN Xingli, et al (1527)
- Study on the supercooling of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) .....  
..... ZHAO Benliang, ZHANG Jia'en, LUO Mingzhu, et al (1538)
- The effects of rice growth stages on the ovarian development and take-off of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* .....  
..... CHEN Yu, FU Qiang, LAI Fengxiang, et al (1546)
- Cold tolerance of the overwintering egg of *Apolygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae) .....  
..... ZHUO Degan, LI Zhaohui, MEN Xingyuan, et al (1553)
- A suggestion on the estimation method of population sizes of *Niviventer confucianus* in Land-bridge island .....  
..... ZHANG Xu, BAO Yixin, LIU Jun, et al (1562)
- The carbon footprint of food consumption in Beijing ..... WU Yan, WANG Xiaoke, LU Fei (1570)
- Anthropogenic phosphorus flow analysis of Hanshan County in Anhui Province .....  
..... FU Yinyin, YUAN Zengwei, WU Huijun, et al (1578)
- A laboratory study of auctions for water rights transactions in inland river basin: a case study of irrigation areas of Heihe river  
basin ..... DENG Xiaohong, XU Zhongmin (1587)
- Review and Monograph**
- A review of the effect of typhoon on forests ..... LIU Bin, PAN Lan, XUE Li (1596)
- Research progress on the effects of ocean acidification on coral reef ecosystems .....  
..... ZHANG Chenglong, HUANG Hui, HUANG Liangmin, et al (1606)
- Interspecific competition among three invasive *Liriomyza* species .....  
..... XIANG Juncheng, LEI Zhongren, WANG Haihong, et al (1616)
- Indicative significance of biogenic elements to eco-environmental changes in waters .....  
..... YU Yu, SONG Jinming, LI Xuegang, et al (1623)
- Recent advances in studies on dissimilatory Fe(III)-reducing microorganisms .....  
..... LI Huijuan, PENG Jingjing (1633)
- Discussion**
- Ecological vulnerability research for Xilingol League, Northern China ..... XU Guangcai, KANG Muye, Marc Metzger, et al (1643)
- Scientific Note**
- Spatial distribution and species composition of zooplanktons in the eastern tropical Pacific Ocean off Costa Rica .....  
..... LIU Bilin, CHEN Xinjun, JIA Tao, et al (1654)

# 《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 5 期 (2012 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 5 2012

<b>编 辑</b>	《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	<b>Edited by</b>	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
<b>主 编</b>	冯宗炜	<b>Editor-in-chief</b>	FENG Zong-Wei
<b>主 管</b>	中国科学技术协会	<b>Supervised by</b>	China Association for Science and Technology
<b>主 办</b>	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	<b>Sponsored by</b>	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
<b>出 版</b>	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	<b>Published by</b>	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
<b>印 刷</b>	北京北林印刷厂	<b>Printed by</b>	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
<b>发 行</b>	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@espg.net	<b>Distributed by</b>	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@espg.net
<b>订 购</b>	全国各地邮局	<b>Domestic</b>	All Local Post Offices in China
<b>国外发行</b>	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	<b>Foreign</b>	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
<b>广告经营 许 可 证</b>	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