

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

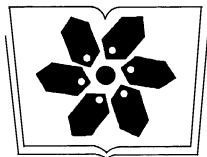
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第2期 Vol.34 No.2 **2014**

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 34 卷 第 2 期 2014 年 1 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 连续免耕对不同质地稻田土壤理化性质的影响 龚冬琴, 吕 军 (239)
- 下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局 孙才志, 闫晓露, 钟敬秋 (247)
- 完全水淹环境中光照和溶氧对喜旱莲子草表型可塑性的影响 许建平, 张小萍, 曾 波, 等 (258)
- 赤潮过程中“藻-菌”关系研究进展 周 进, 陈国福, 朱小山, 等 (269)
- 盐湖微微型浮游植物多样性研究进展 王家利, 王 芳 (282)
- 臭氧胁迫对植物主要生理功能的影响 列淦文, 叶龙华, 薛 立 (294)
- 啮齿动物分子系统地理学研究进展 刘 铸, 徐艳春, 戎 可, 等 (307)
- 生态系统服务制图研究进展 张立伟, 傅伯杰 (316)

个体与基础生态

- NaCl 胁迫下沙枣幼苗生长和阳离子吸收、运输与分配特性 刘正祥, 张华新, 杨秀艳, 等 (326)
- 不同生境吉首蒲儿根叶片形态和叶绿素荧光特征的比较 向 芬, 周 强, 田向荣, 等 (337)
- 小麦 LAI-2000 观测值对辐亮度变化的响应 王 龔, 田庆久, 孙绍杰, 等 (345)
- K^+ 、 Cr^{6+} 对网纹藤壶幼虫发育和存活的影响 胡煜峰, 严 涛, 曹文浩, 等 (353)
- 马铃薯甲虫成虫田间扩散规律 李 超, 彭 赫, 程登发, 等 (359)

种群、群落和生态系统

- 莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化 孙鹏飞, 单秀娟, 吴 强, 等 (367)
- 黄海中南部不同断面鱼类群落结构及其多样性 单秀娟, 陈云龙, 戴芳群, 等 (377)
- 苏南地区湖泊群的富营养化状态比较及指标阈值判定分析 陈小华, 李小平, 王菲菲, 等 (390)
- 盐城淤泥质潮滩湿地潮沟发育及其对米草扩张的影响 侯明行, 刘红玉, 张华兵 (400)
- 江苏省农作物最大光能利用率时空特征及影响因子 康婷婷, 高 苹, 居为民, 等 (410)
- 1961—2010 年潜在干旱对我国夏玉米产量影响的模拟分析 曹 阳, 杨 婕, 熊 伟, 等 (421)
- 黑龙江省 20 世纪森林变化及对氧气释放量的影响 张丽娟, 姜春艳, 马 骏, 等 (430)
- 松嫩草原不同演替阶段大型土壤动物功能类群特征 李晓强, 殷秀琴, 孙立娜 (442)
- 小兴安岭 6 种森林类型土壤微生物量的季节变化特征 刘 纯, 刘延坤, 金光泽 (451)

景观、区域和全球生态

- 黄淮海地区干旱变化特征及其对气候变化的响应 徐建文, 居 辉, 刘 勤, 等 (460)

我国西南地区风速变化及其影响因素 张志斌,杨 莹,张小平,等 (471)

青海湖流域矮嵩草草甸土壤有机碳密度分布特征 曹生奎,陈克龙,曹广超,等 (482)

基于生命周期评价的上海市水稻生产的碳足迹 曹黎明,李茂柏,王新其,等 (491)

研究简报

荒漠草原区柠条固沙人工林地表草本植被季节变化特征 刘任涛,柴永青,徐 坤,等 (500)

跨地带土壤置换实验研究 靳英华,许嘉巍,秦丽杰 (509)

SWAT 模型对景观格局变化的敏感性分析——以丹江口库区老灌河流域为例
..... 魏 冲,宋 轩,陈 杰 (517)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-01



封面图说: 高原盐湖——中国是世界上盐湖分布比较稠密的国家,主要分布在高寒的青藏高原以及干旱半干旱地区的新疆、内蒙古一带。尽管盐湖生态环境极端恶劣,但它们依然是陆地特别是高原生态系统中十分重要的组成部分。微微型浮游植物通常是指粒径在 0.2—3 μm 之间的光合自养型浮游生物。微微型浮游植物不仅是海洋生态系统中生物量 and 生产力的最重要贡献者,也是盐湖生态系统最重要的组成部分。研究显示,水体矿化度是影响微微型浮游植物平面分布及群落结构组成的重要因子,光照、营养成分和温度等也会影响盐湖水体中微微型浮游植物平面分布及群落结构组成(详见 P282)。

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

DOI: 10.5846/stxb201210291501

向芬,周强,田向荣,陈功锡,肖艳.不同生境吉首蒲儿根叶片形态和叶绿素荧光特征的比较.生态学报,2014,34(2):337-344.
Xiang F, Zhou Q, Tian X R, Chen G X, Xiao Y. Leaf morphology and PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *Sinosenecio jishouensis* in Different Habitats. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(2): 337-344.

不同生境吉首蒲儿根叶片形态和 叶绿素荧光特征的比较

向 芬,周 强*,田向荣,陈功锡,肖 艳
(吉首大学 植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室,吉首 416000)

摘要:吉首蒲儿根为近年发现的自然分布狭窄的珍稀植物,为了揭示其对不同生境的适应能力及机制,选择野外自然分布的 3 种河谷生境和人工引种的 2 种河谷外生境中的吉首蒲儿根为研究对象,比较其叶片形态和叶绿素荧光特征。研究发现,3 种河谷生境吉首蒲儿根的叶面积、比叶面积要高于 2 种河谷外生境,而气孔密度、SPAD 值则低于 2 种河谷外生境。5 种生境吉首蒲儿根的 F_v/F_m 、 F_v/F_o 、 $Y(NPQ)$ 没有显著差别,但谷外阳生生境下的吉首蒲儿根 ETR_{max} 、 J_k 、 qP 和 $Y(II)$ 均高于其它各生境,而河谷林下生境吉首蒲儿根的 ETR_{max} 、 J_k 、 qP 和 $Y(II)$ 均显著低于其它各生境,河谷瀑布生境、河谷山坡生境、谷外阴生生境吉首蒲儿根的以上 4 参数则无显著差别。结果表明:吉首蒲儿根能够通过减小叶面积、比叶面积,增加气孔密度、SPAD 值来调整叶片结构,积极调控调节性能量耗散 NPQ,提高 PS II 实际光量子效率 $Y(II)$ 来适应较高的光照和中等空气相对湿度环境。
关键词:叶片形态;叶绿素荧光;河谷生境;吉首蒲儿根

Leaf morphology and PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *Sinosenecio jishouensis* in Different Habitats

XIANG Fen, ZHOU Qiang*, TIAN Xiangrong, CHEN Gongxi, XIAO Yan
Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Utilization, College of Hunan Province, Jishou 416000, China

Abstract: *Sinosenecio jishouensis* D.G. Zhang, Y. Liu & Q.E. Yang is a new Asteraceous species, and is considered as a critically endangered species because its population is extremely small. Currently, only several natural populations of *S. jishouensis* are discovered in Dehang canyon which is at northwestern Hunan, China, and is characteristic of low light intensity and high relative humidity. An interesting question is thus whether or not the distinct habitat conditions are related to its growth and distribution. Generally, its natural habitats consist of valley falls habitat, valley sidehill habitat and valley understory habitat. In order to reveal the adaptive ability to different environments and the underlying mechanisms, *S. jishouensis* were transplanted from valley to sun habitat and shade habitat. Since the light intensity and the relative humidity are different among 5 habitats, especially, there are higher light intensity and lower relative humidity in 2 artificial distribution habitats than in 3 natural distribution habitats, the leaf morphology and PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *S. jishouensis* within above 5 habitats were investigated.

The results showed that: as compared with 3 natural distribution habitats, the leaf area, specific leaf area of *Sinosenecio jishouensis* were smaller and their stomata density, SPAD value were higher in 2 artificial distribution habitats, especially in sun habitat. On the other hand, the rapid light-response curves of chlorophyll fluorescence parameters were

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31260056);湖南省教育厅重点资助项目(09A073);湖南省重点学科建设资助项目(JSU0713Z21);湖南省教育厅高等学校科学研究资助项目(12C0300);植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室开放资助项目(13jdzl098)
收稿日期:2012-10-29; **修订日期:**2013-10-09
* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhouqiang1981@tom.com

measured at various light intensities (8, 16, 32, 90, 165, 245, 325, 430, 580, 770, 1100, 1400, 1700, 2100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) by PAM-2500 chlorophyll fluorimeter. We observed that the maximal PS II quantum yield (F_v/F_m), latent PS II quantum yield (F_v/F_o), the quantum yield of regulated energy dissipation ($Y(\text{NPQ})$) had no significant difference between 5 habitats. However, the maximal electron transport rate (ETR_{max}), minimum saturating irradiance (I_k), the coefficient of photochemical quenching (qP) and the effective PS II quantum yield ($Y(\text{II})$) of *S. jishouensis* in sun habitat were higher than other 4 habitats, above 4 parameters in valley understory habitat were significantly lower than other 4 habitats, at the same time, those values showed no significant difference among valley falls habitat, valley sidehill habitat and shade habitat.

It thus indicated that *S. jishouensis* had tolerance to greater light intensity and moderate air humidity realized by reduced leaf area, specific leaf area, and increased stomata density, SPAD value, improved NPQ and $Y(\text{II})$. while low light intensity and high relative humidity was not an important ecological factor in limiting development of *S. jishouensis*, providing a theoretical foundation for *ex situ* conservation of *S. jishouensis*. However, the major environment factors limiting distribution of *S. jishouensis* and the main causes for the endangered status of *S. jishouensis* still needed further investigation.

Key Words: leaf morphology; chlorophyll fluorescence; valley habitat; *Sinosenecio jishouensis*

吉首蒲儿根(*Sinosenecio jishouensis* D.G. Zhang, Y. Liu & Q. E. Yang) 为 2008 年发现的菊科(Compositae)新物种, 隶属于蒲儿根属(*Sinosenecio* B.Nord)。但其叶具千里光属植物特征, 其在 2 个属植物的进化关系研究中具有特殊意义^[1]。目前, 仅在武陵山区个别河谷内发现有数个间断的野生居群, 且分布范围狭窄, 个体数量为 3000—5000 株, 是中国及武陵山区特有种、典型峡谷生境专性种, 符合濒危物种的标准, 亟待加强保护^[2-3]。但目前对其生理生态的研究还较少, 尤其是其对生活环境的适应性还未见报道。而植物对光、温、水等环境生态因子的适应能力研究, 是植物就地保护和引种保护的关键^[4]。吉首蒲儿根自然生长在河谷潮湿阴生环境中, 且瀑布附近种群的个体数量要远高于其它生境的种群。徐亮等^[3]认为土壤养分可能是影响其分布的主要环境因子。那么低光照、高湿度是否也属于决定吉首蒲儿根分布的影响因子呢? 这需要进一步深入探讨。

为了适应多变的环境, 植物需对形态、结构、生理生化活动进行调节来适应环境的变化^[5]。而叶片是植物对环境变化较为敏感且可塑性较大的器官, 其形态结构和生理代谢的变化, 反映了环境因子对植物的影响和植物对环境的适应^[6]。快速光响应曲线能够评估光强对植物潜在光合能力的影响, 叶绿素荧光参数反映了植物光合作用过程中的变化^[7], 它们常用于植物生理生态等研究。为了探讨吉首蒲

儿根对生境的适应能力及引种保护的需要, 将吉首蒲儿根移栽至河谷外的阴生环境和阳生环境, 并就瀑布下方、流水边坡、水流边灌木林下等 3 种自然分布生境和 2 种人工移栽生境的吉首蒲儿根的叶片形态和叶绿素荧光特征展开比较研究, 探讨其生态适应性及对生境的适应策略。

1 材料与方法

1.1 试验材料与培养

试验在湖南省吉首市展开, 其位于东经 109°30′—110°04′, 北纬 28°08′—28°29′, 属亚热带季风湿润气候, 年均气温 16.4 $^{\circ}\text{C}$, 年降水量 1440.5 mm, 年日照 1382.5 h^[8]。试验选择的野生吉首蒲儿根位于湖南省吉首市德夯河谷, 生境类型分别为河谷瀑布生境, 河谷山坡生境, 河谷林下生境。人工移栽的吉首蒲儿根是于 2011 年 11 月采自德夯河谷, 并种植于吉首大学校园的遮阴大棚内[定义为谷外阴生生境]。2012 年 3 月, 将阴生环境培养的部分吉首蒲儿根移至吉首大学实验地阳生环境[定义为谷外阳生生境], 对于移栽的吉首蒲儿根, 采取早晨人工浇水的措施, 保持土壤湿润。2012 年 5 月下旬, 对以上 5 种生境的吉首蒲儿根的成熟基生叶进行相关指标测定, 并用照度计、温湿度计、烘干法测定相关环境因子。

表 1 吉首蒲儿根不同生境基本环境因子

Table 1 *Sinosenecio jishouensis* grow in different environmental factors of habitats. Data were expressed as mean±SD (n=5)

	光照强度 Light illumination/lx	空气相对湿度 Air humidity/%	土壤相对含水量 Soil moisture/%	空气温度 Air temperature/℃
河谷瀑布生境 Valley falls habitat	2632±201c	88.9±6.3a	34.6±2.6	26.4±1.2b
河谷山坡生境 Valley sidehill habitat	4671±422b	70.6±6.7b	32.8±3.1	28.2±2.6ab
河谷林下生境 Valley understory habitat	1024±71d	78.2±5.9ab	33.4±2.1	25.8±2.3b
谷外阴生生境 Shade habitat	5406±568b	52.1±3.7c	29.3±3.3	31.7±1.9ab
谷外阳生生境 Sun habitat	56483±1046a	48.9±5.4c	28.1±2.6	33.2±2.7a

此表为 2012 年 5 月 20—22 日中午实测数据;字母表示差异显著 (P<0.05)

1.2 叶片形态的测量

叶面积采用叶面积仪 (Yaxin- 1241, 中国) 测量;比叶面积参照李玉霖等^[9]的方法;气孔密度采用直接撕取表皮观察法,用镊子撕取叶片下表皮,刷去多余叶肉细胞后制片,用 Motic 显微成像系统 (Leica 3000, 德国) 及软件 (LAS software V3.5) 拍照测量。在 10×20 倍的放大率下选择 5—6 个视野用于气孔密度测量;相对叶绿素的含量用 SPAD-502 叶绿素仪 (Konica Minolta Sensing, 日本) 进行测量。

1.3 叶绿素荧光参数的测量

参照钱永强等^[10]的方法,采用便携式调制叶绿素荧光仪 PAM-2500 (Walz, 德国) 进行叶绿素荧光诱导动力学曲线和快速光响应曲线的测定。叶片暗适应 30 min 后测量相关指标。其测量光强为 8 μmol·m⁻²·s⁻¹,饱和和脉冲光强为 2800 μmol·m⁻²·s⁻¹,梯度作用光强为 8, 16, 32, 90, 165, 245, 325, 430, 580, 770, 1100, 1400, 1700, 2100 μmol·m⁻²·s⁻¹,作用时间为 30 s。其初始荧光 (F_o)、最大荧光 (F_m)、PS II 的最大光化学效率 (F_v/F_m) 数值从仪器直接读取, F_v/F_o 按照公式 (F_m-F_o)/F_o 计算。表观电子传递速率 (ETR)、PS II 光化学能量转化的有效量子产量 [Y(II)]、光化学淬灭系数 (qP)、非光化学淬灭系数 (NPQ)、荧光淬灭系数 (qP)、PS II 的反应中心吸收的光能分配于光化学途径 Y(II)、PS II 调节性能量耗散 Y(NPQ)、非调节性能量耗散 Y(NO) 等参数数值由仪器直接读取,最大表观电子传递速率 (ETR_{max})、半饱和光强 (I_k)、斜率 (α) 经程序自动拟合曲线后,给出读数。

1.4 数据分析

上述指标的测定,设置 5 次或 9 次重复,用 SPSS 13.0 采用 Tukey 进行多重比较分析,显著水平为 P<0.05,数据表示为平均值±标准差。

2 结果与分析

2.1 不同生境吉首蒲儿根叶面积、比叶面积、气孔密度、SPAD 值的变化

从图 1 可见,不同生境吉首蒲儿根叶面积、比叶面积、气孔密度和 SPAD 值存在一定差异:河谷内 3 种生境下的吉首蒲儿根的叶面积要高于河谷外 2 种生境的吉首蒲儿根,叶面积最大的为生活在河谷瀑布生境下的吉首蒲儿根,叶面积最小的为生活在河谷外阳生生境下的吉首蒲儿根。与叶面积变化相反,河谷内 3 种生境下吉首蒲儿根的气孔密度、SPAD 值要显著低于河谷外 2 种生境的吉首蒲儿根,其中,河谷外阳生生境下的吉首蒲儿根的气孔密度、SPAD 值要显著高于其它各组。比叶面积则是河谷林下生境的吉首蒲儿根最大,河谷瀑布生境、河谷山坡生境、河谷外阴生生境三者之间无显著差别,而河谷外阳生生境下的比叶面积最小,显著低于其它各生境下的吉首蒲儿根。

2.2 不同生境吉首蒲儿根 ETR、qP、NPQ 的光响应

5 种生境吉首蒲儿根的 ETR 随着光照强度的增加而增加,当光强小于 430 μmol·m⁻²·s⁻¹ 时,ETR 随光照强度的增加而快速增加,而当光强大于 1100 μmol·m⁻²·s⁻¹ 后,ETR 基本保持稳定 (图 2)。qP 的变化与 ETR 变化相反,其随着光照强度的增加而呈现减小的趋势,当光强超过 320 μmol·m⁻²·s⁻¹ 后,河谷外阳生生境下的吉首蒲儿根 ETR、qP 要显著高于其它 4 种生境,而河谷林下生境吉首蒲儿根的 ETR、qP 则明显低于其它 4 种生境。河谷瀑布生境、河谷山坡生境、河谷外阴生生境吉首蒲儿根 ETR、qP 之间无显著差别 (图 2)。NPQ 的变化与 ETR 的变化类似,其随着光照强度的增加而呈现增大的趋势,当光照强度大于 580 μmol·m⁻²·s⁻¹ 后,河谷林下生境吉首

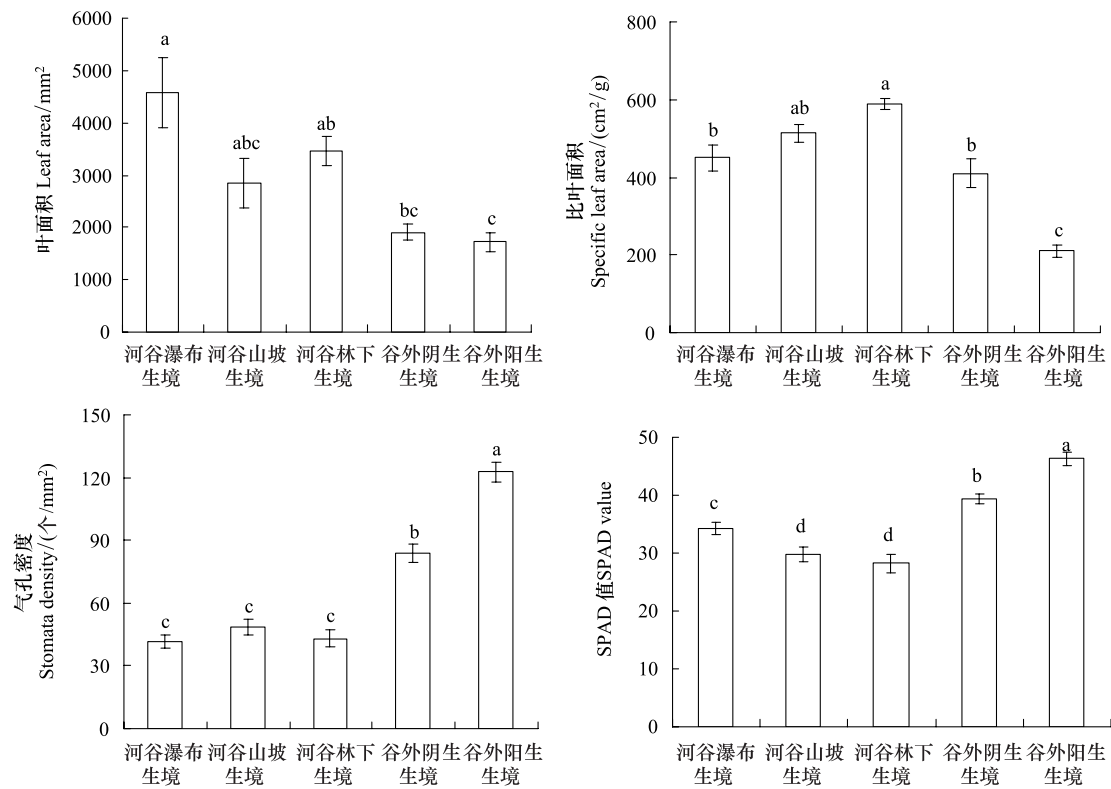


图 1 不同生境吉首蒲儿根叶面积、比叶面积、气孔密度和 SPAD 值

Fig.1 The leaf area, specific leaf area, stomata density and SPAD value of *Sinosenecio jishouensis* in different habitats. Data were expressed as mean±SD (n=9), Different letters show significant difference (P<0.05)

河谷瀑布生境 Valley falls habitat;河谷山坡生境 Valley sidehill habitat;河谷林下生境 Valley understory habitat;谷外阴生生境 Shade habitat;谷外阳生生境 Sun habitat

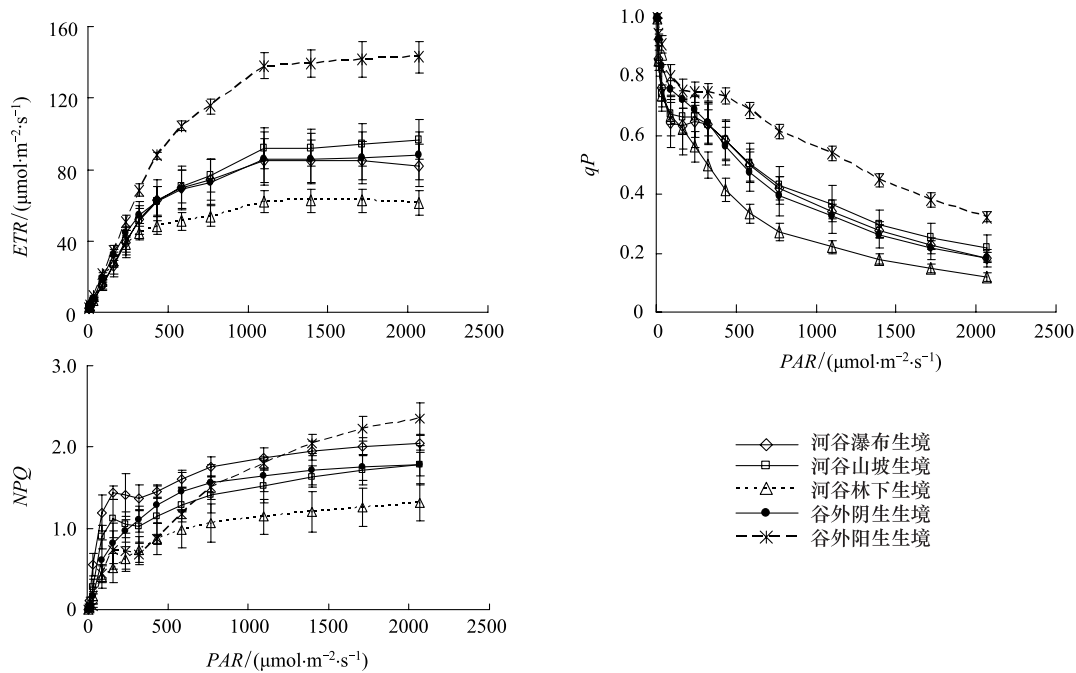


图 2 不同生境吉首蒲儿根 ETR、qP、NPQ 的光响应

Fig.2 Light-response curve of ETR, qP, NPQ of *Sinosenecio jishouensis* in different habitats. Data were expressed as mean±SD (n=5)

蒲儿根的 NPQ 值要明显低于其它生境,当光照强度大于 430 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 后,河谷瀑布生境、河谷山坡生境、河谷林下生境、谷外阴生生境吉首蒲儿根的 NPQ 增幅减小,而河谷外阳生生境下的吉首蒲儿根的 NPQ 却依然快速增加,并当光强超过 1400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,其超过其它各生境(图 2)。

2.3 不同生境吉首蒲儿根 F_v/F_m 、 F_v/F_o 、 ETR_{max} 、 I_k 、 α 的变化

5 种生境吉首蒲儿根的 F_v/F_m 、 F_v/F_o 值均无显著差异,分别在 0.75—0.78、3.14 —3.43 的范围内

(表 2)。通过对快速光响应曲线的拟合,得到最大表观电子传递速率(ETR_{max})、半饱和光强(I_k)、斜率(α)。河谷外阳生生境下的吉首蒲儿根 ETR_{max} 和 I_k 均显著高于其它各生境,而河谷林下生境吉首蒲儿根的 ETR_{max} 和 I_k 均显著低于其它各生境,河谷瀑布生境、河谷山坡生境、河谷外阴生生境吉首蒲儿根 ETR_{max} 和 I_k 无显著差别(表 2)。而河谷外阳生生境下的吉首蒲儿根的斜率 α 要显著高于河谷内 3 生境,而河谷内和河谷外阴生生境这 4 种生境的斜率 α 间无显著差异(表 2)。

表 2 不同生境吉首蒲儿根 F_v/F_m 、 F_v/F_o 、 ETR_{max} 、 I_k 和 α

Table 2 the value of F_v/F_m , F_v/F_o , ETR_{max} , I_k and α in *Sinosenecio jishouensis* leaves in different habitats. Data were expressed as mean±SD ($n=5$), Different letters show significant difference ($P<0.05$)

	F_v/F_m	F_v/F_o	$\text{ETR}_{\text{max}}/$ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	$I_k/$ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	α
河谷瀑布生境 Valley falls habitat	0.762±0.014	3.213±0.229	82.1±13.3bc	366.1±59.4b	0.221±0.038b
河谷山坡生境 Valley sidehill habitat	0.757±0.013	3.140±0.262	100.1±14.8b	364.3±60.5b	0.228±0.019b
河谷林下生境 Valley understory habitat	0.754±0.011	3.345±0.103	66.3±10.8c	213.5±41.7c	0.225±0.030b
谷外阴生生境 Shade habitat	0.772±0.019	3.325±0.360	88.2±12.9bc	344.8±84.1b	0.248±0.017ab
谷外阳生生境 Sun habitat	0.769±0.018	3.431±0.321	145.8±9.1a	565.7±34.6a	0.276±0.019a

2.4 不同生境吉首蒲儿根 $Y(\text{II})$ 、 $Y(\text{NPQ})$ 与 $Y(\text{NO})$ 的光响应

5 种生境吉首蒲儿根 PS II 实际光量子效率 $Y(\text{II})$ 随着光强的增加而降低,河谷外阳生生境下的吉首蒲儿根 $Y(\text{II})$ 要高于其它各组,而河谷林下生境吉首蒲儿根 $Y(\text{II})$ 值要明显低于其它各生境。而当光照强度超过 580 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 后,河谷外阳生生境下的吉首蒲儿根 $Y(\text{II})$ 要显著高于其它各生境,河谷林下生境吉首蒲儿根 $Y(\text{II})$ 值要显著低于其它各生境。而河谷山坡、河谷瀑布、河谷外阴生生境吉首蒲儿根 $Y(\text{II})$ 值之间则无显著差异(图 3)。

$Y(\text{NPQ})$ 值则随着光照强度的增加而有逐渐增加的趋势,且 5 种生境的 $Y(\text{NPQ})$ 值差距较小。当光照强度大于 90 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 后, $Y(\text{NO})$ 则基本保持稳定,不随光强的增加而发生明显变化(图 3)。河谷林下生境吉首蒲儿根 $Y(\text{NO})$ 值要显著高于其它各生境,当光照强度小于 1400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,其它的 4 种生境间吉首蒲儿根 $Y(\text{NO})$ 值差异不大,但光照强度大于 1400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 后,河谷外阳生生境下的吉首蒲儿根 $Y(\text{NO})$ 要明显小于其它各组(图 3)。

3 讨论

3.1 吉首蒲儿根对不同生境的适应性

在我们的试验中,光照和空气相对湿度在各生境间的差异是最明显的,尤其是谷外阳生环境中的光照强度(56483 lx)要远高于其余 4 生境,空气相对湿度(48.9%)则显著低于谷内 3 生境;而林下生境的光照仅 1024 lx,显著低于其它生境(表 1)。尽管不同生境吉首蒲儿根的比叶面积、气孔密度等叶片形态和 ETR 、 qP 、NPQ 等光合荧光参数均发生了明显的改变(图 1—图 3,表 2),但吉首蒲儿根能在不同生境中存活并开花结籽,完成繁殖过程(数据未列出)。 F_v/F_m 代表了 PS II 反应中心内原初光能转化效率,反映植物 PS II 受伤害的程度,非胁迫条件下植物叶片的 F_v/F_m 比较稳定,一般在 0.75—0.85^[11]。本试验中,5 种生境下吉首蒲儿根的 F_v/F_m 均没有显著差别,为 0.75—0.78(表 2),说明这 5 种环境并没有对吉首蒲儿根造成明显的胁迫,可认为其具有较广的生境适应性。对于阳生生境下的吉首蒲儿根而言,其光合电子传递能力(ETR_{max})、光耐受能力(I_k)和光能利用效率(α)均显著高于其它生境(表 2)。这与韩炜等^[12]发现强光驯化白榆的 ETR_{max} 、 I_k 和 α

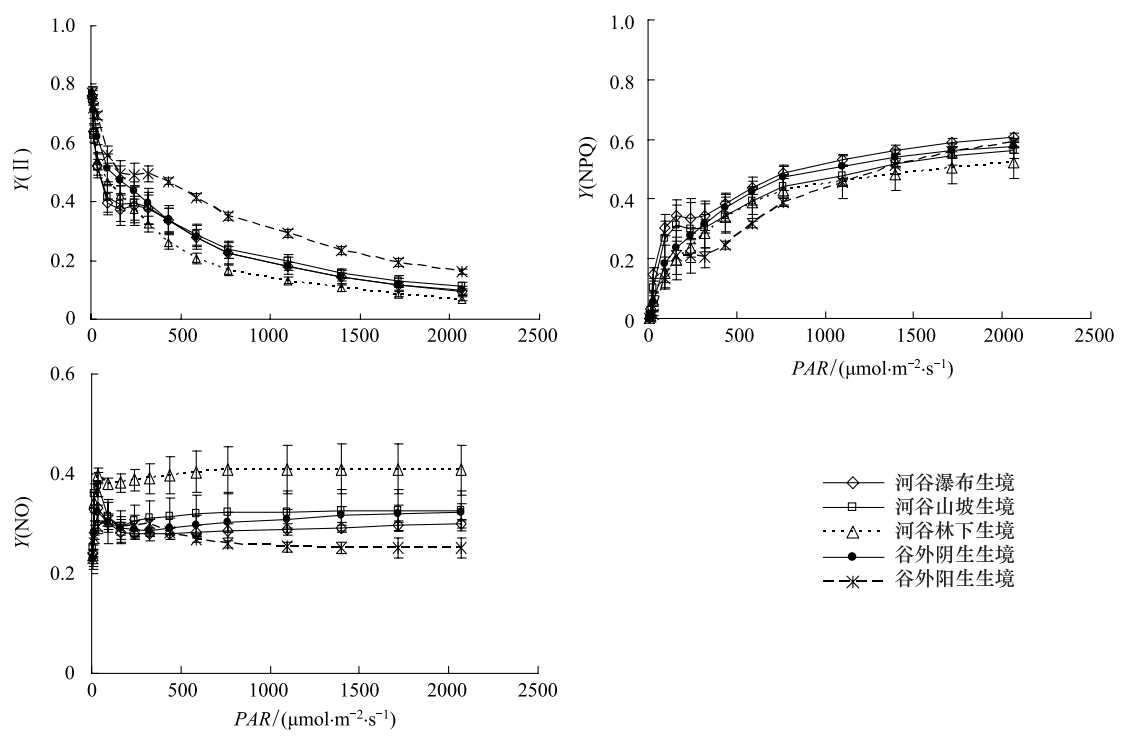


图 3 不同生境吉首蒲儿根 $Y(II)$ 、 $Y(NPQ)$ 、 $Y(NO)$ 的光响应

Fig.3 Light-response curve of $Y(II)$, $Y(NPQ)$, $Y(NO)$ of *Sinosenecio jishouensis* in different habitats. Data were expressed as mean±SD ($n=5$)

均显著高于弱光驯化后的结论相似。试验数据还说明,在强光生境下的吉首蒲儿根具有较高电子传递速率、耐光抑制能力和光能利用效率。

3.2 不同生境吉首蒲儿根叶片形态的比较

比叶面积是植物叶片的重要性状,反映其对不同环境的适应策略,是植物比较生态学和生理生态学的重要指标,体现了植物获得资源的能力^[13-14]。较低的比叶面积的叶片将干物质多用于构建保卫结构、叶肉细胞密度和叶片厚度,能够容纳更多的叶绿体,这有助于防止叶片过度失水和提高叶片的光合能力^[15]。本研究发现河谷外阳生生境下的吉首蒲儿根的比叶面积要显著低于其它各生境(图 1),同时,阳生生境下的吉首蒲儿根还具有较高的叶绿素含量(单位叶面积内)(图 1)和光合能力(以 ETR 代表)(图 2),这与孙晓方等^[16]在加拿大一枝黄花、杨兴洪等^[17]在棉花中的研究结果类似。此外,我们未在吉首蒲儿根的上表皮发现气孔(数据未列出),但发现河谷外阳生生境下的吉首蒲儿根的下表皮的气孔密度显著高于其它生境(图 1)。有研究表明较高的气孔密度有利于保持叶片的水分和光合作用过程中的气体交换,一般而言,高光强或干旱条

件下,叶片气孔密度通常较高^[18]。比叶面积的增加,单叶面积的减小,气孔密度增大是植物对逆境胁迫的适应性变化^[19],这些变化也体现了吉首蒲儿根叶片形态结构对阳生环境下高光强、中等相对湿度条件的适应性。

3.3 不同生境吉首蒲儿根叶绿素荧光参数的比较

通过对叶绿素荧光参数的分析,部分揭示了阳生生境下吉首蒲儿根对强光的适应机制。 qP 为光化学淬灭系数,代表 PS II 天线色素吸收的光能用于光化学电子传递的比例,反映了光合效率和光能利用效率^[20]。谷外强光生境下的吉首蒲儿根的 qP 在不同的光照强度下均高于其它生境,当光强超过 320 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 后,这种差异即达到显著水平(图 2)。NPQ 为非化学淬灭系数,光反映了 PS II 天线色素吸收的光能以热的形式耗散的光能,是植物光合机构在过量光强环境下的自我保护的机制^[21]。在低光强下($<430 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),谷外强光生境下的吉首蒲儿根的 NPQ 较小,低于其它生境,但随着光照强度继续增加,其 NPQ 增加的速度要明显高于其余生境,并在光照强度超过 1400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 后, NPQ 的数值要高于其它 4 种生境(图 2)。这说明,在低光

照强度下,谷外强光生境下的吉首蒲儿根用于热耗散的光能较少,维持较高的光能利用率,而在高光强下,光系统能够以热的形式耗散过量的光能,以保护光合结构,减少强光的伤害。

为了进一步了解阳生生境吉首蒲儿根对光能的处理能力,对其光能处理策略进行了研究。PS II 的反应中心吸收的光能分配于光化学途径 $Y(II)$ 、PS II 调节性能量耗散 $Y(NPQ)$ 和非调节性能量耗散 $Y(NO)$,且 $Y(II) + Y(NPQ) + Y(NO) = 1$ ^[21]。研究发现不同生境吉首蒲儿根的能量分配策略基本一致,在快速光响应曲线测量过程中,随着光照强度的增加, $Y(NO)$ 基本保持稳定, $Y(II)$ 则不断减小,而 $Y(NPQ)$ 逐渐增大(图 3),这说明吉首蒲儿根主要通过调控 PS II 调节性能量耗散来减少过量光能对植物的伤害。这与白榆^[12]、银芽柳^[10]的能量分配策略相同。阳生生境下吉首蒲儿根的 $Y(NO)$ 与河谷瀑布、河谷山坡、谷外阴生生境吉首蒲儿根的 $Y(NO)$ 接近,在较高光强下(大于 $760 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),其 $Y(NPQ)$ 也与其它 4 种阴生生境的吉首蒲儿根无显著差别,而阳生生境下吉首蒲儿根的 $Y(II)$ 却显著高于其他 4 种阴生生境的吉首蒲儿根(图 3)。这表明,吉首蒲儿根可以把更大比例的光能分配给光化学反应来应对强光环境。杨兴洪等^[17] 也认为这种通过提高光化学反应来避免强光的伤害是一种重要的调节机制,并且这种调节机制需要长达数天以上的适应过程。

综上,吉首蒲儿根可通过减小叶面积、比叶面积、增加气孔密度,调整 NPQ,提高 $Y(II)$ 来适应一定高光照、低湿度的环境。其对光照强度、空气相对湿度有较广的适应性。这为吉首蒲儿根的系统研究积累了基础,对今后的迁地保护提供了部分理论依据,但对于限制其分布的主要生态因子及其对光照、空气湿度的耐受阈值还需进一步深入研究。

References:

[1] Zhang D G, Liu Y, Yang Q E. *Sinosenecio jishouensis* (Compositae), a new species from north-west Hunan, China. Botanical Studies, 2008, 49(3): 287-294.

[2] Deng T, Chen G X, Zhang D G, Wei H. The reproductive ecological characteristics of *Sinosenecio jishouensis* (Compositae) and its endangerment mechanisms. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(15): 4318-4326.

[3] Xu L, Chen G X, Liu H J, Liao C Y, Zhang D G. Characteristics of soil nutrients and distribution pattern of *Sinosenecio jishouensis* Population. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2012, 32 (8): 1664-1670.

[4] Xie X F. Plant introduction science. Beijing: Science press, 1994: 54-57.

[5] Lusk C H. Leaf area accumulation helps juvenile evergreen trees tolerate shade in a temperate rainforest. Oecologia, 2002, 132 (2), 188-196.

[6] Yang L M, Han M, Zhou G S, Li J D. The changes of water-use efficiency and stoma density of *Leymus chinensis* along Northeast China Transect. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(1): 16-24.

[7] Ralph P J, Gademann R. Rapid light curves: A powerful tool to assess photosynthetic activity. Aquatic Botany, 2005, 82 (3): 222-237.

[8] Chen G X, Liu S B, Ao C Q, Liao W B. On endemic genera to China of spermatophytic flora from Mt. Wulingshan region. Acta Botanica Boreali Occidentalia Sinica, 2004, 24(5): 865-871.

[9] Li Y L, Cui J Y, Su Y Z. Specific leaf area and leaf dry matter content of some plants in different dune habitats. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(2): 304-311.

[10] Qian Y Q, Zhou X X, Han L, Sun Z Y, Ju G S. Rapid light-response curves of PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *Salix leucopithecia* subjected to cadmium-ion stress. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 6134-6142.

[11] Yamazaki J Y, Kamata K, Maruta E. Seasonal changes in the excess energy dissipation from Photosystem II antennae in overwintering evergreen broad-leaved trees *Quercus myrsinaefolia* and *Machilus thunbergii*. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2011, 104(1/2): 348-356.

[12] Han W, Xu X W, Li L, Li S Y, Luo Y X, Zhou Y, Guo L L. Variation of Rapid Light Curves of *Ulmus pumila* Leaves after high-light and Low-light Acclimation. Arid Zone Research, 2010, 27(5): 738-744.

[13] Garnier E, Shipley B, Roumet C, Laurent G. A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. Functional Ecology, 2001, 15(5): 688-695.

[14] Wilson P, Thompson K, Hodgson J. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. New Phytologist, 1999, 143(1): 155-162.

[15] Terashima I, Miyazawa S I, Hanba Y T. Why are sun leaves thicker than shade leaves? Consideration based on analyses of CO₂ diffusion in the leaf. Journal of Plant Research, 2001, 114(1): 93-105.

[16] Sun X F, He J Q, Huang X D, Pin G J, Ge J L. Growth Characters and Chlorophyll Fluorescence of Goldenrod (*Solidago canadensis*) in Different Light Intensities. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2008, 28 (4): 752-758.

[17] Yang X H, Zou Q, Wang W. Photoinhibition in Shaded Cotton

Leaves After Exposing to High Light and the Time Course of Its Restoration. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43(12): 1255-1259.

[18] Ort D R. When there is too much light. *Plant Physiology*, 2001, 125(1): 29-32.

[19] Picotte J J, Rosenthal D M, Rhode J M, Cruzan M B. Plastic responses to temporal variation in moisture availability: consequences for water use efficiency and plant performance. *Oecologia*, 2007, 153(4): 821-832.

[20] Heraud P, Beardall J. Changes in chlorophyll fluorescence during exposure of *Dunaliella tertiolecta* to UV radiation indicate a dynamic interaction between damage and repair processes. *Photosynthesis Research*, 2000, 63(2): 123-134.

[21] Kramer D M, Johnson G, Kiirats O, Edwards G E. New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes. *Photosynthesis Research*, 2004, 79(2): 209-218.

参考文献:

[2] 邓涛, 陈功锡, 张代贵, 魏华. 吉首蒲儿根的繁殖生态学特性及其濒危成因. *生态学报*, 2011, 31(15): 4318-4326.

[3] 徐亮, 陈功锡, 刘慧娟, 廖春燕, 张代贵. 吉首蒲儿根种群土壤养分特征与分布格局. *西北植物学报*, 2012, 32(8): 1664-1670.

[4] 谢孝福. 植物引种学. 北京: 科学出版社, 1994: 54-57.

[5] 陈功锡, 刘世彪, 敖成齐, 廖文波. 武陵山地区种子植物区系中的中国特有属研究. *西北植物学报*, 2004, 24(5): 865-871.

[6] 杨利民, 韩梅, 周广胜, 李建东. 中国东北样带关键种羊草水分利用效率与气孔密度的比较. *生态学报*, 2007, 27(1): 16-24.

[9] 李玉霖, 崔建垣, 苏永中. 不同沙丘生境主要植物比叶面积和叶干物质含量的比较. *生态学报*, 2005, 25(2): 304-311.

[10] 钱永强, 周晓星, 韩蕾, 孙振元, 巨关升. Cd²⁺胁迫对银芽柳 PS II 叶绿素荧光光响应曲线的影响. *生态学报*, 2011, 31(20): 6134-6142.

[12] 韩伟, 徐新文, 李利, 李生字, 罗玉新, 周艺, 郭灵丽. 白榆 (*Ulmus pumila* L.) 光驯化后的快速光曲线变化特征. *干旱区研究*, 2010, 27(5): 738-744.

[13] 孙晓方, 何家庆, 黄训端, 平江, 葛结林. 不同光强对加拿大一枝黄花生长和叶绿素荧光的影响. *西北植物学报*, 2008, 28(4): 752-758.

[17] 杨兴洪, 邹琦, 王玮. 遮荫棉花转入强光后光合作用的光抑制及其恢复. *植物学报*, 2001, 43(12): 1255-1259.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34 ,No.2 Jan. ,2014 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

Effects of soil texture on variations of paddy soil physical and chemical properties under continuous no tillage GONG Dongqin,LÜ Jun (239)

Evaluation of the landscape patterns vulnerability and analysis of spatial correlation patterns in the lower reaches of Liaohe River Plain SUN Caizhi, YAN Xiaolu,ZHONG Jingqiu (247)

Effects of light and dissolved oxygen on the phenotypic plasticity of *Alternanthera philoxeroides* in submergence conditions XU Jianping, ZHANG Xiaoping, ZENG Bo, et al (258)

A review of the relationship between algae and bacteria in harmful algal blooms ZHOU Jin, CHEN Guofu,ZHU Xiaoshan, et al (269)

Biodiversity and research progress on picophytoplankton in saline lakes WANG Jiali, WANG Fang (282)

Effects of ozone stress on major plant physiological functions LIE Ganwen, YE Longhua, XUE Li (294)

The current progress in rodents molecular phylogeography LIU Zhu, XU Yanchun, RONG Ke, et al (307)

The progress in ecosystem services mapping: a review ZHANG Liwei, FU Bojie (316)

Autecology & Fundamentals

Growth, and cationic absorption, transportation and allocation of *Elaeagnus angustifolia* seedlings under NaCl stress LIU Zhengxiang, ZHANG Huaxin, YANG Xiuyan, et al (326)

Leaf morphology and PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *Sinosenecio jishouensis* in Different Habitats XIANG Fen, ZHOU Qiang,TIAN Xiangrong, et al (337)

Response of change of wheat LAI measured with LAI-2000 to the radiance WANG Yan, TIAN Qingjiu, SUN Shaojie, et al (345)

Effects of K⁺ and Cr⁶⁺ on larval development and survival rate of the acorn barnacle *Balanus reticulatus* HU Yufeng, YAN Tao, CAO Wenhao, et al (353)

Diffusion of colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, adults in field LI Chao, PENG He, CHENG Dengfa, et al (359)

Population, Community and Ecosystem

Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary SUN Pengfei, SHAN Xiujuan, WU Qiang, et al (367)

Variations in fish community structure and diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea SHAN Xiujuan, CHEN Yunlong, DAI Fangqun, et al (377)

Research on the difference in eutrophication state and indicator threshold value determination among lakes in the Southern Jiangsu Province, China CHEN Xiaohua, LI Xiaoping, WANG Feifei,et al (390)

Effecton of tidal creek system on the expansion of the invasive *Spartina* in the coastal wetland of Yancheng HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing (400)

The spatial and temporal variations of maximum light use efficiency and possible driving factors of Croplands in Jiangsu Province KANG Tingting, GAO Ping, JU Weimin, et al (410)

Simulation of summer maize yield influenced by potential drought in China during 1961—2010 CAO Yang, YANG Jie, XIONG Wei,et al (421)

Forest change and its impact on the quantity of oxygen release in Heilongjiang Province during the Past Century ZHANG Lijuan,JIANG Chunyan,MA Jun,et al (430)

Soil macro-faunal guild characteristics at different successional stages in the Songnen grassland of China	LI Xiaoqiang, YIN Xiuqin, SUN Lina (442)
Seasonal dynamics of soil microbial biomass in six forest types in Xiaoxing'an Mountains, China	LIU Chun, LIU Yankun, JIN Guangze (451)
Landscape, Regional and Global Ecology	
Variation of drought and regional response to climate change in Huang-Huai-Hai Plain	XU Jianwen, JU Hui, LIU Qin, et al (460)
Wind speed changes and its influencing factors in Southwestern China	ZHANG Zhibin, YANG Ying, ZHANG Xiaoping, et al (471)
Characteristics of soil carbon density distribution of the <i>Kobresia humilis</i> meadow in the Qinghai Lake basin	CAO Shengkui, CHEN Kelong, CAO Guangchao, et al (482)
Life cycle assessment of carbon footprint for rice production in Shanghai	CAO Liming, LI Maobai, WANG Xinqi, et al (491)
Research Notes	
Seasonal changes of ground vegetation characteristics under artificial <i>Caragana intermedia</i> plantations with age in desert steppe	LIU Rentao, CHAI Yongqing, XU Kun, et al (500)
The experimental study on trans-regional soil replacement	JIN Yinghua, XU Jiawei, QIN Lijie (509)
Sensitivity analysis of swat model on changes of landscape pattern: a case study from Lao Guanhe Watershed in Danjiangkou Reservoir Area	WEI Chong, SONG Xuan, CHEN Jie (517)

《生态学报》2014 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,280 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

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 34 卷 第 2 期 (2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 2 (January, 2014)

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

主 编 王如松

主 管 中国科学技术协会

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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂

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

订 购 全国各地邮局

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

广告经营 京海工商广字第 8013 号

许 可 证

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

Editor-in-chief WANG Rusong

Supervised by China Association for Science and Technology

Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China

