

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 15 期 Vol.31 No.15 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 15 期

2011 年 8 月 (半月刊)

目 次

地面节肢动物营养类群对土地覆被变化和管理扰动的响应·····	李锋瑞,刘继亮,化伟,等 (4169)
两种书虱微卫星富集文库的构建及比较·····	魏丹丹,袁明龙,王保军,等 (4182)
菲律宾蛤仔 EST-SSRs 标记开发及不同地理群体遗传多样性·····	闫喜武,虞志飞,秦艳杰,等 (4190)
菲律宾蛤仔大连群体不同世代的遗传多样性·····	虞志飞,闫喜武,杨霏,等 (4199)
玻璃温室与田间栽培小麦幼穗分化的比较·····	姜丽娜,赵艳岭,邵云,等 (4207)
施用有机肥环境下盐胁迫小麦幼苗长势和内源激素的变化·····	刘海英,崔长海,赵倩,等 (4215)
黄土高原半干旱区气候变化对春小麦生长发育的影响——以甘肃定西为例·····	姚玉璧,王润元,杨金虎,等 (4225)
不同耕作模式下稻田水中氮磷动态特征及减排潜力·····	冯国禄,杨仁斌 (4235)
大田环境下转 Bt 基因玉米对土壤酶活性的影响·····	颜世磊,赵蕾,孙红炜,等 (4244)
短期淹水培养对水稻土中地杆菌和厌氧粘细菌丰度的影响·····	朱超,Stefan Ratering,曲东,等 (4251)
气候变化背景下广东晚稻播期的适应性调整·····	王华,陈新光,胡飞,等 (4261)
长期封育对不同类型草地碳贮量及其固持速率的影响·····	何念鹏,韩兴国,于贵瑞 (4270)
黄土丘陵区两种主要退耕还林树种生态系统碳储量和固碳潜力·····	刘迎春,王秋凤,于贵瑞,等 (4277)
植物叶表面的润湿性及其生态学意义·····	石辉,王会霞,李秧秧 (4287)
长白山北坡主要森林群落凋落物现存量月动态·····	郑金萍,郭忠玲,徐程扬,等 (4299)
古尔班通古特沙漠及周缘 52 种植物种子的萌发特性与生态意义·····	刘会良,宋明方,段士民,等 (4308)
吉首蒲儿根的繁殖生态学特性及其濒危成因·····	邓涛,陈功锡,张代贵,等 (4318)
栖息地永久性破坏的比例对物种多度稳定值影响的迭代算法·····	时培建,戈峰,杨清培 (4327)
喷施多效唑提高麻疯树幼苗耐盐性的生理机制·····	毛轶清,郑青松,陈健妙,等 (4334)
阿尔山落叶松主要蛀干害虫的种群空间生态位·····	袁菲,骆有庆,石娟,等 (4342)
2009 年云南省白背飞虱早期迁入种群的虫源地范围与降落机制·····	沈慧梅,吕建平,周金玉,等 (4350)
中华稻蝗长沙种群的生活史及其卵滞育的进化意义·····	朱道弘,张超,谭荣鹤 (4365)
“518”油桃主要害虫与其捕食性天敌的关系·····	施晓丽,毕守东,耿继光,等 (4372)
青藏东缘若尔盖高寒草甸中小型土壤动物群落特征及季节变化·····	张洪芝,吴鹏飞,杨大星,等 (4385)
青海可鲁克湖水鸟季节动态及渔鸥活动区分析·····	张国钢,刘冬平,侯韵秋,等 (4398)
排放与森林碳汇作用下云南省碳净排放量估计·····	刘慧雅,王铮,马晓哲 (4405)
北京城市生态占水研究·····	柏樱岚,王如松,姚亮 (4415)
专论与综述	
植物水分传输过程中的调控机制研究进展·····	杨启良,张富仓,刘小刚,等 (4427)
环境介质中的抗生素及其微生物生态效应·····	俞慎,王敏,洪有为 (4437)
自然生态系统中的厌氧氨氧化·····	沈李东,郑平,胡宝兰 (4447)
研究简报	
山东半岛南部海湾底栖动物群落生态特征及其与水环境的关系·····	张莹,吕振波,徐宗法,等 (4455)
新疆乌伦古湖浮游甲壳动物的季节演替及与环境因子的关系·····	杨丽丽,周小玉,刘其根,等 (4468)
不同施肥与灌水量对槟榔土壤氮挥发的影响·····	卢丽兰,甘炳春,许明会,等 (4477)
学术信息与动态	
水土资源保持的科学政策:全球视野及其应用——第 66 届美国水土保持学会国际学术年会述评·····	卫伟 (4485)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2011-08



封面图说: 塞罕坝地处内蒙古高原南缘向华北平原的过渡带,地势分为坝上、坝下两部分。解放初期,这里是“飞鸟无栖树,黄沙遮天日”的荒原沙丘,自 1962 年建立了机械化林场之后,塞罕坝人建起了 110 多万亩人工林,造就了中国最大的人工林林场。这是让人叹为观止的落叶松人工林海。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

邓涛,张代贵,魏华,陈功锡. 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.

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

吉首蒲儿根的繁殖生态学特性及其濒危成因

邓 涛^{1,2}, 陈功锡^{1,*}, 张代贵¹, 魏 华³

(1. 吉首大学/植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室, 湖南 吉首 416000;

2. 中国科学院昆明植物研究所生物多样性与生物地理学重点实验室, 昆明 650204;

3. 中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所, 北京 100193)

摘要: 吉首蒲儿根为近年来发现的菊科蒲儿根属新物种, 由于种群和数量都极度稀少, 其濒危级别达极危 (CR) 等级。生态分布和生境的调查结果表明, 吉首蒲儿根仅在吉首市德夯地质公园内分布有 3 个种群, 总数约 2000—3000 株, 其中, 峡谷瀑布下的种群最大, 约 2000 株; 分布海拔为 268—384 m, 生境特点是温暖、湿润, 土壤略偏酸性且钙质高。野外生植物候的观察结果表明, 2 月初吉首蒲儿根的芽开始萌动, 2 月底至 3 月初抽生花葶, 3 月中旬至 5 月中旬开花, 6 月茎生叶逐渐枯死, 随后根状块茎侧芽开始萌动, 逐渐形成新分株。种群水平从第 1 个头状花序开放到最后一个凋谢约为 50 d, 单个头状花序从开始膨大到凋谢约为 18 d, 单朵小花的花期为 3—5 d, 整个过程表现出明显的雌雄异位和菊科特有的花粉次级展现现象。吉首蒲儿根的花部构成、高度同期的开花模式和“刷状机制”、瘦果小且无冠毛以及以营养繁殖为主兼有种子繁殖等是对峡谷瀑布特殊生境的生态适应。人为活动的干扰, 访花昆虫种类较少、访问频次和效率低, 种子数量不多、质量差和传播不开, 以及生境要求苛刻则是吉首蒲儿根致濒的主要原因。

关键词: 吉首蒲儿根; 特有植物; 物候特征; 繁殖; 生态适应; 保护

The reproductive ecological characteristics of *Sinosenecio jishouensis* (Compositae) and its endangerment mechanisms

DENG Tao^{1,2}, CHEN Gongxi^{1,*}, ZHANG Daigui¹, WEI Hua³

1 Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Utilization Jishou University, College of Hunan Province, Hunan Jishou 416000, China

2 Key Laboratory of Biodiversity and Biogeography, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, China

3 Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100193, China

Abstract: From a conservation perspective, understanding plant–pollinator interactions and floral biology of endangered species is critical in a rapidly changing world. *Sinosenecio jishouensis* D. G. Zhang, Y. Liu & Q. E. Yang is a new Asteraceous species (genus *Sinosenecio*) recently ascertained. According to IUCN Red Species List *S. jishouensis* ranked as the Critically Endangered Species (CR), for its extremely small and rare populations. However, little is known about the reproductive biology of this endangered species. Our results demonstrated that *S. jishouensis* occurred only in the Dehang Geological Park, Jishou City, Hunan Province. *S. jishouensis* distributed on an altitude of 260—340 m, and the environmental conditions were mildly warm and relatively humid. The yellow-red soil in its habitat, which was rich in calcium, has a pH value of about 6.8. There were totally 2000—3000 individuals distributed in 3 populations in the Dehang Geological Park, suggesting this species is at risk of becoming extinct. The Canyon Fall population was the largest one, with nearly 2000 individuals, which is an important population for conservation priorities. Its shoots began to sprout in Early February, and the scape appeared by the end of February or the early March; the flowering season was from mid-

基金项目: 国家自然科学基金项目资助 (30770157)

收稿日期: 2011-01-20; 修订日期: 2011-06-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chengx@jzu.edu.cn

March to mid-May. *S. jishouensis* has herkogamy flowers with a 3—5d longevity. For a single capitulum, it could last 18 days. Secondary pollen presentation, a typical phenomenon in Asteraceae, were conspicuous during floret opening. Our observation suggested that *Caliroa sawfly*, *Apis cerana* and *syrphid fly* were the effective pollinators and visited flowers for collecting pollen. Our study indicated that floral structures, flowering synchronizatio, and “brush-like mechanism” were floral adaptations to improve the effective pollination. Furthermore, characteristics of its breeding system, such as small achenes without pappus and relying mainly on both clone production and sexual production, ensure reproductive success even when pollinators are scarce in the Canyon Fall special habitat. It may be adaptive strategies to the Canyon Fall special habitat. On the other hand, the human-made interference, the scarce flower-visiting pollination, low visiting frequency and efficiency, the small number of seeds with poor quality and dispersal, together with its strict demands on habitat conditions were the main causes for the rare and endangered status of *S. jishouensis*.

Key Words: *Sinosenecio jishouensis*; endemic plants; phenology characteristic; propagation; ecological adaptation; conservation

吉首蒲儿根(*Sinosenecio jishouensis* D. G. Zhang, Y. Liu & Q. E. Yang)是近年来发现的菊科 Compositae 蒲儿根属(*Sinosenecio* B. Nord)新物种,因其具茎生叶,叶椭圆状披针形,上表面密被绒毛,叶脉羽状,瘦果无冠毛等特征至为特殊而与该属其它物种相区别^[1]。吉首蒲儿根目前仅发现湘西武陵山德夯峡谷分布,为典型的峡谷特殊生境专性种,根据 IUCN 物种红色名录濒危等级和标准 3.1 版,其濒危级别达极危(CR)^[2-3]。

蒲儿根属植物通常生境特殊,地方特有性相当明显。吉首蒲儿根地处该属多样性中心地带之一,对我国乃至全世界蒲儿根属植物系统发育研究具有重要的学术意义,同时也是探讨特殊生境物种多样性形成与分化适应机理的重要材料^[1,4]。由于其种群极度稀少,并且随着德夯旅游开发,植被破坏严重,生境急剧恶化,使其种群的繁殖和延续进一步受到威胁,因此对其开展各方面的研究十分重要且迫在眉睫。

开花物候是植物重要的生活史特征之一,开花式样和非生物因子间的关系以及开花的遗传基础和自然选择研究,对探讨其适应问题具有重要意义^[5]。本文对吉首蒲儿根的生境分布、开花物候、传粉系统和繁育特征等方面开展了调查研究,以探讨这些方面与河谷瀑布特殊生态环境相适应的特性,为研究河谷特殊生境物种辐射适应与进化,以及特殊生境物种多样性形成和维持机制提供新的理论依据,且有利于揭示吉首蒲儿根的濒危原因,为制定保护对策提供参考。

1 自然概况与研究方法

1.1 自然概况

吉首蒲儿根所在的德夯风景区地处湘西自治州吉首市境内的凤凰、花垣和保靖三县交界处的德夯国家地质公园,28°15'—28°43'N 和 109°30'—109°45'E,面积 164 km²,是著名的风景旅游区。该地地质构造属中国东部新华夏系构造亚带一部分,为湘西北强烈上升侵溶蚀地貌,境内多陡坡峭壁,多条溪流穿梭其间,呈半封闭式“V”形峡谷,深达数百米,地形复杂,为典型的喀斯特岩溶峡谷景观。年均气温 16—17 °C,全年日照 1400 h 左右,年降雨量 1200—1600 mm。土壤多为石灰岩发育而成的山地黄红壤,植被类型主要为中亚热带常绿阔叶林,暖性针叶林及竹林。在植物区系地理上,该区处于中国种子植物特有属分布 3 个中心之一的川东—鄂西中心和武陵山区的核心地带^[6-7],因具有独特的地理位置、地貌和复杂多样的自然环境条件,境内孕育并保存了丰富的植物多样性^[2,8]。

1.2 研究方法

1.2.1 生态分布及生境调查

对德夯地质公园内吉首蒲儿根的种群分布情况展开调查,用 GPS 仪记录经纬度、海拔,目测种群中的植株数,并从中随机选 30 株成熟植株测量其高度,求平均值。用便携式温湿度仪监测生境温湿度变化。在吉首蒲儿根集中分布的流沙瀑布种群区随机采集 0—20 cm 土层样品 5 份,将其混合后于室内分析 pH 值。

1.2.2 物候特征观测

吉首蒲儿根的生长物候特征、实生苗的数量和分布情况于 2006 年 2 月至 2007 年 2 月期间进行定期观察。具有较大根状茎且植株相对较大的为营养分株,根状茎小或者近无根状茎的植株为种子实生苗。种子萌发前期 1 周观察 1 次,展叶后每 3 d 观察 1 次,直至开花,记录各阶段的生长特征。营养分株的则选取具有根状茎且侧芽明显植株进行观察,每 3 d 观察 1 次,详细记录侧芽生长的情况。

1.2.3 繁殖特征观测

开花物候于 2006 年 3 月开始进行,操作程序:以流沙瀑布为观测点,在其周围随机设置了 5 个 2 m × 2 m 的样方,自开花当日起,连续观察并记录个体水平和种群水平上的始花期和开花过程(每日开花比例=样地内当日开花数/样地内开花总数×100%),共观察约 50 d。同时,随机标记 30 株发育良好的植株,连续观测并记录单花开放过程、单花开放持续时间,随机选择开放较好的管状花和舌状花 20 个,测量花部构件。传粉过程观察的操作方法是:在吉首蒲儿根集中分布的流沙瀑布,随机选定 2 块 2 m × 2 m 的样地,在其花期内天气晴朗时观察记录样地内开花数、昆虫访花次数、在花中停留时间、访花行为以及路径。每天 8:00—18:00 进行观测,每小时观测 20 min。用便携式温湿度仪监测环境温湿度。此外,对每种访花昆虫捕捉 5 只,用毒瓶杀死阴干后制作凭证标本用于种类鉴定并于显微镜下检查其是否携带花粉。

1.2.4 种子萌发实验

采集吉首蒲儿根的成熟种子,观察外形、统计种子的饱满率,并于 2008 年 6 月在光照培养箱内进行萌发试验(光照时间 12 h,以室温条件萌发为对照)。发芽率 $GR(\%) = (n/N) \times 100\%$,式中, n 为最终达到的正常发芽粒数; N 为供试种子数。

上述实验数据用 SPSS 13.0 和 EXCEL 2007 软件处理分析。

2 结果与分析

2.1 生态分布

根据野外调查,吉首蒲儿根仅在德夯地质公园海拔为 268—384 m 的峡谷特殊生境内分布有 3 个种群,共 2000—3000 株。其中,分布于流沙溪峡谷内流沙瀑布下及落水潭周围的碎石滩上的种群相对较大,个体分布较为集中,形成了以该植物为优势种的草本植物群落;分布于玉泉溪峡谷和夯峡溪峡谷的种群均较小,峡谷溪沟两侧的碎石沙砾中有零星个体分布(表 1)。根据流沙瀑布种群的野外监测和实验,吉首蒲儿根着生环境中,其温度变化较为稳定,介于 12—23 ℃ 之间,平均为 17 ℃;而湿度较高,达 94%—96%;土壤则为黄红壤,pH 值为 6.8 左右。

总体看来,吉首蒲儿根分布区域十分狭窄,个体和种群数量极度稀少且对生境要求极为苛刻,为武陵山区德夯峡谷特殊生境的特有物种,适生于温暖、湿润的生境中,土壤为略偏酸性、高钙质的石灰岩发育而成的山地黄红壤。

表 1 吉首蒲儿根在不同生境中的分布特点

Table 1 Distribution features of *Sinosenecio jishouensis* among different habitats

采样编号 Sample code	产地 Locality	生境 Habitat	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔/m Altitude	株数 Number	植株均高 Mean height
DT001	流沙溪	瀑布及落水潭周围	109°35'49"	28°21'58"	285	2000	53.92
DT002	玉泉溪	碎石沙砾	109°53'23"	28°49'53"	384	50—100	49.04
DT003	夯峡溪	溪边林下	109°29'49"	28°37'07"	268	50—100	52.17

2.2 生物学特征

2.2.1 物候特征

(1) 物候谱

根据野外观察,吉首蒲儿根为 2 年生草本,其种子成熟后坠入土壤过冬,于翌年 3 月开始萌发;同时,上一

年植株于2月初其芽开始萌动并开始抽生茎干和茎生叶,2月底至3月初花葶开始萌发,3月中旬开始展花,至5月中旬花谢,6月上旬茎生叶逐渐枯死,此时若植株已经结实,则花葶和果实继续发育至中下旬,直至种子成熟;没有结实的则茎干部分全部枯死,仅留下基生叶。之后,进入营养生长期,从6月下旬根状块茎侧芽开始萌动,逐渐形成新的分株,进而两个分株中间部分发生断裂形成新的植株个体。翌年2月,植株个体的芽开始萌动,随后又进入开花期,生长周期如此循环(图1 A—E)。

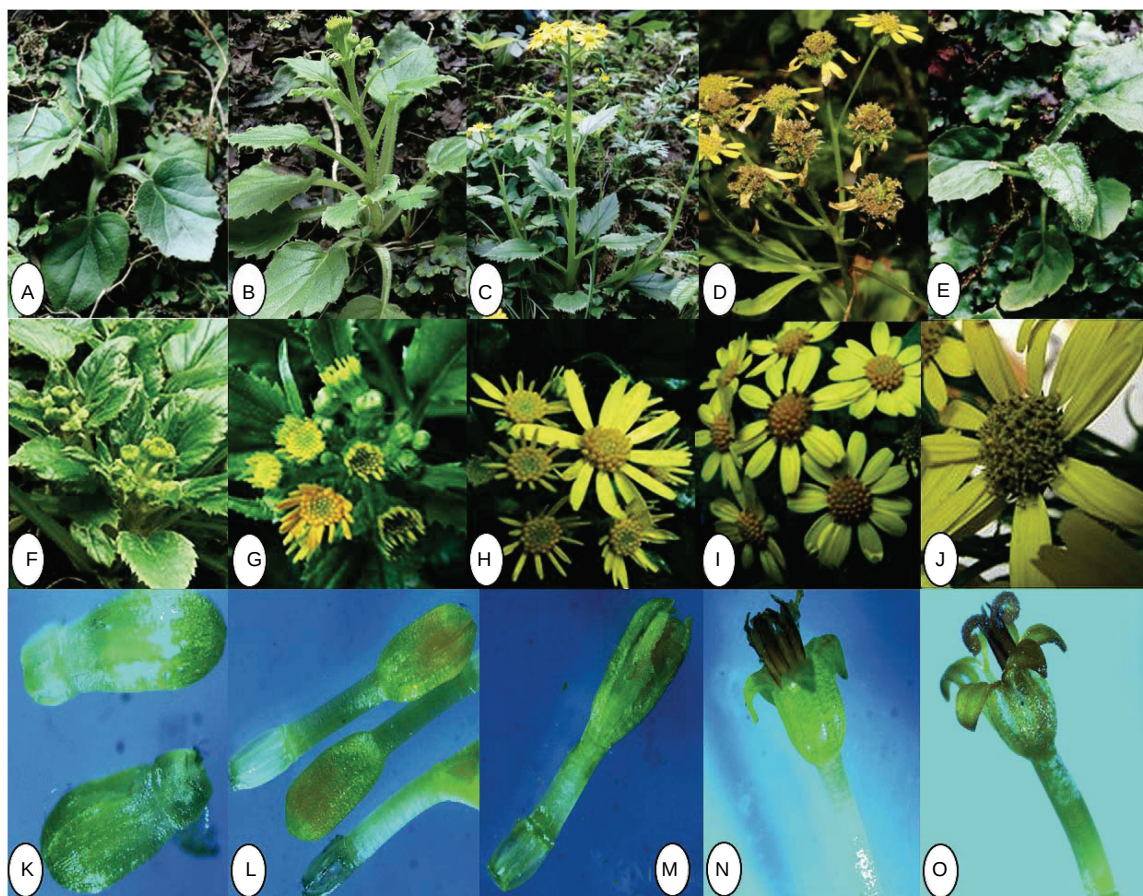


图1 吉首蒲儿根生长周期个体形态(A—E)及开花过程中花序形态(F—J)和管状花形态(K—O)

Fig.1 The inflorescence (F—J) and disc floret (K—O) morphological characteristics observed during flowering and the individual morphological characteristics (A—E) during life cycle of *Sinosenecio jishouensis*

(2) 开花动态

由图2和表2可知,吉首蒲儿根的花期为3月至5月,种群水平从第1个头状花序开放至开花比例达到最高为26 d左右,至最后一个花序凋谢为50 d左右。进入生殖生长期后,其顶芽迅速分化,在3月上旬形成花蕾,茎顶端的多个头状花序开始分化,逐渐形成伞房花序,这个过程约需18—23 d(图1 F—H)。4月初伞房花序开始扩大,花序总梗和头状花序梗不断伸长,头状花序开放次序由中央顶端向四周逐次开放,整个伞房花序中头状花全部盛开约要17 d(图1 I—J)。4月上旬至中旬整个群落进入盛花期。4月底开始有头状花序逐渐枯萎、凋谢,至5月初种群进入末花期。

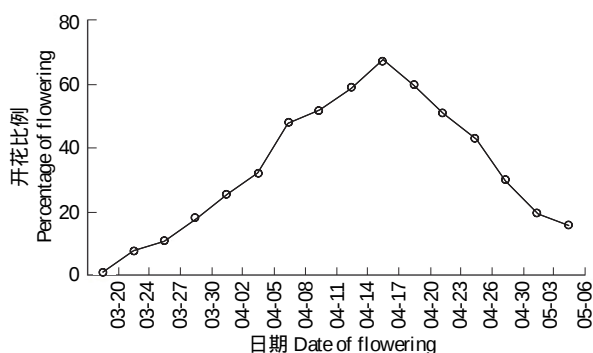


图2 吉首蒲儿根开花物候曲线

Fig. 2 Flowering phenology curve for *Sinosenecio jishouensis*

头状花序从开始膨大到凋谢的时间为 17 d 左右。首先是总苞从中间向四周呈辐射状裂开,露出排列紧密的管状花和假舌状花,此过程大约维持 4—7 d,随着假舌状花舌片伸长,辐射展开,管状花冠颜色逐渐变为深绿色、淡绿色、淡黄绿色、最终为黄色而开始开放(图 1 J)。小花的开放顺序为从头状花序最外一层逐渐向中心收缩进行。待全部开放并完成授粉后假舌状花开始脱落,进而管状花柱头脱落,整个头状花序枯萎。

表 2 吉首蒲儿根个体和种群水平的开花物候
Table 2 Phenology of *Sinosenecio jishouensis* at the individual and population levels

	观察项目 Items of observation	头状花序 Inflorescence	个体 Individual	种群 Population
始花时间及当日花数 Onset date and flower number	日期	03-23	03-20	03-23
	平均花数	2	7	12
	变异范围	1—4	4—10	19—23
花期持续时间 Duration	持续时间/d	21	28	50
	变异范围	18—24	24—35	39—55
开花高峰期 Climax date of flowering	日期	04-13	04-07	04-12
	花数	117	30	102
	变异范围	98—136	29—33	95—113
开花振幅/(花数·株 ⁻¹ ·d ⁻¹) Mean flowering amplitude		30	1.7	2.09
终花日期及当日花数 End date and flower number	日期	04-18	04-25	05-09
	花数	98	6	2

小花的花期为 3—5 d,经历松蕾、初开、盛开、凋谢 4 个过程。待假舌状花舌片完全展开至与头状花序面平行,数小时后,原管状花紧闭的聚合花药顶端逐渐有淡黄色的花粉粒堆积在花药筒顶端,保持 1—2 d,而后花粉逐渐散落,伴随柱头迅速伸出,花柱顶端裂片逐渐张开,呈二裂,柱头裂片外表面会沾有部分花粉,其内表面呈黄褐色,具有明显的乳突,柱头伸出后在管状花基部蜜腺泌蜜(图 1 K—O)。盛花期过后外侧的假舌状花先脱落,管状花授粉后其柱头 3—4 d 内萎蔫和脱落。小花花冠颜色变化及开放次序同头状花序的变化规律。

吉首蒲儿根花柱和雄蕊的快速生长期不同。散粉前因花冠筒与花药筒迅速伸长,表现为花冠及雄蕊的花药远高于柱头,此时柱头位于花药的基部。而后花柱迅速伸长,推挤花粉伸出聚药雄蕊之外,花粉粒堆积于花药筒顶端,以便散落,形成了菊科特有的花粉次级展现现象。随后,柱头逐渐露出内侧的可授面以接收花粉,进入雌性阶段。整个过程表现出明显的雌雄异位现象。

(3) 花部构件

通过在盛花期对吉首蒲儿根株高和花部构件的观测,吉首蒲儿根一般有 5—9 个营养分株,位于中部的分株长势最好,极少数为单株。植株高(52.58±5.34) cm,茎顶由 10—30 个头状花序组成半球形的伞房花序,直径为(6.219±0.7)7 cm。头状花序总苞绿色,直径(5.36±0.15) mm。每个头状花序由 11—13 个假舌状花和 38—43 个管状花组成,开放后单个头状花序直径为(0.98±0.07) cm;舌状花舌片长为(7.45±0.07) mm,宽(2.73±0.1) mm;管状花冠筒长(1.70±0.19) mm,直径(0.5±0.14) mm,顶端 5 裂;雄蕊(72±9)个;花药长圆形,长(1.65±0.15) mm,宽(0.47±0.01) mm,基部钝;柱头长(2.96±0.02) mm,顶端二裂;子房长(2.66±0.02) mm,直径(0.62±0.01) mm。

从花蕾到凋谢,舌状花舌片的颜色经深绿色、绿色、黄绿色、鲜黄色、黄褐色系列变化,管状花花冠也由最开始的深绿色最终变成黄褐色直至凋谢。盛开后管状花具有少量蜜汁,香味很淡或无。

2.2.2 传粉特性

对吉首蒲儿根访花昆虫种类进行了调查,仅采集记录到 6 种访问昆虫,分别隶属于 4 目 6 科(表 3),即膜翅目(*Hymenoptera*)的叶蜂(*Caliroa sawfly*)、中华蜜蜂(*Apis cerana cerana*)和双翅目(*Diptera*)的食蚜蝇(*syrphid fly*)、黑毛蚋(*Bibio sp.*),以及同翅目(*Homoptera*)的叶蝉(*Leafhopper*)和鳞翅目(*Lepidoptera*)的斑珍蝶(*Acraea*

violae)。通过对 30 株吉首蒲儿根传粉昆虫访花行为的观察,发现食蚜蝇出现的访花频率最高,占总频次的 35.3%,其次为中华蜜蜂(23.5%)和叶蜂(17.6%)。1 h 内食蚜蝇访花频率最高可达 6 次,停留在管状花丛中舔食花粉,持续时间为 15 s 左右;中华蜜蜂和叶蜂一般停留在舌片或未开的管状花丛上采集花粉或用长吻吸取花蜜,在头状花序上停留相对较长为 25—30 s,访花次数分别为 4 和 3;叶蝉、黑毛蚋和斑珍蝶出现的次数最低,仅为 1—2 次,在花上停留时间为 10—15 s。日访花高峰期出现在 13:00—15:00,这段时间阳光能直射到受观测的吉首蒲儿根种群,环境温度为当天较高时期。

表 3 吉首蒲儿根的访花昆虫种类与数量及其访花特点
Table 3 Taxa, number and visiting characteristics of pollinators for *Sinosenecio jishouensis*

目 Order	科 Family	物种 Species	访花频次 Visiting frequency /(次/h)	停留时间 Handling time /s
膜翅目 Hymenoptera	叶蜂科 Tenthredinidae	叶蜂 <i>Caliroa sawfly</i>	3	30
	蜜蜂总科 Apoidea	中华蜜蜂 <i>Apis cerana</i>	4	25
双翅目 Diptera	食蚜蝇科 Syrphidae	食蚜蝇 <i>Scaeva pyrastris</i>	6	15
	毛蚋科 Bibionidae	黑毛蚋 <i>Bibio tenebrosus</i>	1	10
同翅目 Homoptera	叶蝉科 Cicadellidae	叶蝉 <i>Cicadella viridis</i>	2	10
鳞翅目 Lepidoptera	珍蝶科 Fabricius	斑珍蝶 <i>Acraea violae</i>	1	15

将以上昆虫捕捉带回实验室进行显微镜观察,发现仅有中华蜜蜂、叶蜂的头部和腹部,以及食蚜蝇的头部带有极少量花粉,其余 3 种均未成功带有花粉。由此可见,仅中华蜜蜂、叶蜂和食蚜蝇为吉首蒲儿根的主要传粉者。

2.2.3 繁殖特性

(1) 果实与种子

吉首蒲儿根每个头状花序有(25±3)个瘦果,平均长度约 1.5 mm,椭圆形,瘦果无冠毛。平均每个头状花序中饱满种子数量约有(16±1)个,饱满种子的比例约为 64%。种子萌发实验表明其种子萌发率极低,每皿仅萌发 1—2 粒,萌发率约为 2%—5%。另据野外观察,其自然种群中很少发现由种子产生的实生苗。

(2) 根状块茎繁殖特征

吉首蒲儿根不仅具有依靠种子繁殖的有性生殖方式,而且其基部生长有根状块茎,这是茎的一种变态形式。该植物可利用块茎上的芽长出新的植株,进行营养繁殖。据野外观察,自然状态下吉首蒲儿根行营养繁殖占优势。吉首蒲儿根的营养株及根状茎构型呈现直线型、“V”字形、“L”型,甚至相互交叉成“X”型等多样化特征。

3 讨论

3.1 吉首蒲儿根花特征对河谷特殊生境的适应性

3.1.1 吉首蒲儿根花分化与生境的关系

德夯为一半封闭式“U”型峡谷特殊生境,境内光照时间、温度和湿度均与外界有显著差异。吉首蒲儿根着生于落差高达百余米的流纱大瀑布下,高落差的跌水使其表现为水雾弥漫、速度极大的峡谷风环境,从而影响花粉的正常传播和传粉媒介的传粉活动。通常,植物花特征分为两个层次,即花部构成和花的开放式样^[9]。花部构成是指包括花的结构、颜色、气味和蜜汁产量等单个花的所有特征;花的开放式样是某一时间花的大小开花的数量和在花序上的空间排列,可看作花在群体水平上表现出的特征,是花在群体上的表现^[10]。由于吉首蒲儿根花序的特殊开放次序和访花媒介的行为活动,在开花高峰期头状花序内单花的雌雄性阶段会高度重叠,使得同花序和同株异花序花粉粒沉积于柱头。在此过程中,传粉媒介的活动对受精结实具有重要影响,然而在峡谷特殊的环境下,浓浓的水雾和大风会导致访花者的活动降低。因此,对传粉昆虫的有效吸引是吉首蒲儿根有性繁殖成功的关键。

3.1.2 吉首蒲儿根花的适应性特征

吉首蒲儿根经过自然条件的长期分化选择产生适应性进化,形成了独特的花部构成和花的开放式样。集合的花序结构对昆虫的吸引力要比单花效应的总和要高^[11],吉首蒲儿根由多个小花聚合成头状花序,并进一步复合形成半球形的伞房状花序,这种花序结构对于增强对昆虫的吸引是很有效的,同时也为昆虫的取食和移动提供停歇的平台。另一方面,吉首蒲儿根具有鲜艳的黄色花冠和聚合花药,与绿色的叶片形成明显的色差,可以反射蜂类可见的紫外光,吸引访花昆虫降落到花序上。对于虫媒植物,花蜜是植物提供给访花者最主要的报酬^[12-13]。植物的花蜜成分、分泌量和分泌时间等的变化会对传粉者的访问时间、种类及其访花行为产生影响,因而影响了其传粉效率^[14]。德夯瀑布特殊生境在 13:00—15:00 时开始接受太阳直射,环境温度逐渐升高,这一方面会影响花序的颜色亮度,另一方面也可能引起花蜜分泌量和浓度的变化,使得昆虫访花高峰期的到来,反映出花的传粉综合特征与环境相协调的适应特点。

在花的开放式样方面,吉首蒲儿根的同步大量开花的特性,对吸引传粉昆虫访花也是很有利的,可以增加其交配的机会。对于这种高度同期的开花模式,Herrera^[15]认为是在环境选择压力下形成的对其生存环境的一种适应,因为单位时间产生少量的花将不利于吸引足够的传粉者^[16-17]。另外,吉首蒲儿根伞房状花序的中央顶端花序发育较早,从中央向周围开放。单个头状花序中的边缘花序最先发育并渐次向中央开放,其单花开放的动态过程中,表现出明显的雌雄蕊异速生长,花粉呈现菊科植物常见的“刷状机制”^[18-19]。由于这种机制可能提高了花粉散布和沉降的准确性和效率,因而具有选择上的优越性。

3.2 吉首蒲儿根的传播体特征与适应性

菊科植物果实的功能与种子几乎没有区别,都属于传播体^[20]。传播体的生物学功能主要是繁殖和散布,植物可利用传播体度过不良的外部环境。不同大小的传播体是植物适应环境和进化的结果,生活在潮湿环境中的植物传播体比在干旱环境中的小^[21-22]。吉首蒲儿根的种子相对较小(1.5 mm),这与该物种的扩散和定居密切相关。传播体的大小受到多种生态因素的影响,具有重要的进化生物学和生态学意义^[23]。菊科植物大多具有便于风媒传播的冠毛,这是系统进化的重要表现,但吉首蒲儿根的瘦果无冠毛也并不代表原始。在特殊的峡谷瀑布生境中,瀑布高落差的跌水使得环境的风速高,且弥漫着浓浓的水雾,因此冠毛会因粘满水珠而增加传播体的重量,从而难以发挥原本依靠风力传播的优越性,而近距离的传播不利于种群的扩散和遗传多样性。因此,吉首蒲儿根种子小且无毛冠的特征是对峡谷瀑布特殊生境的一种适应。

3.3 吉首蒲儿根的两种植殖方式及进化适应

在自然条件下,许多植物兼有性生殖和营养繁殖两种方式,二者在个体水平上均表现为占据新的生境,但在适应策略上却有所不同。种子繁殖产生的个体主要依靠自身能力去生存,在对不同环境的适应能力方面存在着优越性^[24-25];克隆繁殖产生的个体与母体之间仍然有物质信息传递,在无干扰或干扰强度较弱的环境中处于激烈的竞争状态。竞争中,克隆分株比种子形成的幼苗更容易成活,营养繁殖在选择上占优势^[26]。自然状态下,吉首蒲儿根以营养繁殖占优势,兼行两种植殖方式,反映了峡谷瀑布特殊生境植物的生存动态和生态适应对策。克隆植物具有多样的克隆特征,这对有效利用资源、迅速开拓新生境和扩大种群是有利的,因此,克隆构型特征被认为是克隆植物在其进化过程中形成的与其利用环境异质性能力相关的性状^[27-29]。吉首蒲儿根的营养分株及根状茎多样化构型特征,反映出其对异质性环境的利用能力,其营养分株间隔子生长到一定程度后发生断裂,从而分离出相对独立的两个自然个体,各营养分株随着斜坡和瀑流传播扩散,借助于峡谷陡峭地势具有很强的水平和垂直扩展能力,有利于占据和使用更多有效资源和开拓新的生境。

3.4 吉首蒲儿根濒危原因初步分析及保护对策

吉首蒲儿根为德夯峡谷特殊生境特有专性植物,在峡谷瀑布环境中兼行有性繁殖和营养繁殖。有性繁殖的花部特征和开花过程是有利于吸引传粉昆虫异花传粉,而种子小且无冠毛则有利于种子的远距离传播。营养繁殖过程中,通过形成营养分株的方式有效利用异质性的环境资源,这有利于种群的延续和扩大。然而,即使形成了花部结构、开花过程和繁殖方式这一系列适应对策,吉首蒲儿根目前的种群数量仍然十分稀少,分布

零星,种群延续仍然岌岌可危。

3.4.1 濒危原因

峡谷内供选择的传粉昆虫少、瀑布环境导致传粉者活动局限、传粉效率低可能是导致结实率低的重要原因。吉首蒲儿根种群处于瀑布特殊的生态环境下,高落差跌水导致周围风速高、水雾大且温度低,所以传粉的昆虫种类较少,且这些昆虫一般在瀑布径流量较小时才会出现。另外,结实数量和种子质量以及野外种子萌发困难是吉首蒲儿根处于濒危状态的因素。虽然有较多的小花形成头状花序,再组合成伞房花序,可以弥补单个小花的低结实率,然而成熟饱满的种子并不多,胚发育不完全,甚至没有形成萌发所需营养的贮藏组织。

种子传播扩散困难,萌发率低是导致吉首蒲儿根濒危的另一重要原因。吉首蒲儿根瘦果和种子受表面张力而全身黏附层层水珠,不利于借助风力传播至较远的位置。落在地上的种子随着径流直接带到落水潭中而失去了萌发的最佳条件。

人为过度干扰,生境迅速退化,生境要求特殊、苛刻是吉首蒲儿根致濒的直接原因。德夯现有的吉首蒲儿根仅在瀑布下及落水潭周围,在较阴、高湿的小生境中形成群落,随着离瀑布越远,光照增强,湿度降低,植株数量迅速减少,离瀑布大约 50 m 外就见不到其分布。然而,随着德夯地质公园旅游开发,植被破坏严重,生境急剧恶化,该种群日益濒危。尤其是该物种仅有的 3 个种群均处于游道或景点附近,因吉首蒲儿根头状花序较大、鲜艳亮丽,十分漂亮而引人注目,倍受游客和当地人青睐。同时,该种花期也恰值德夯旅游高峰期,游客、当地人对其爱不释手,采摘作为装饰物或加工成特色商品,对该物种的传粉和繁殖带来了极大的破坏。

3.4.2 保护对策

现存的吉首蒲儿根数量已十分有限,且种群分布单一,仅在德夯流纱溪流纱瀑布下形成一优势种群。另两条峡谷仅零星分布数株吉首蒲儿根,其种群生存已遭到严重威胁。然而,在流纱瀑布分布的群落仍然是以吉首蒲儿根和花葶乌头 *Aconitum scaposum* 等草本植物占优势,尽管均遭到一定程度的人为干扰,但群落内仍有少量的吉首蒲儿根实生苗和克隆分株。如果加强德夯地质公园的保护区建设,停止人为干扰,这些遭到破坏的群落能够较快地恢复,对吉首蒲儿根的保护是一条行之有效的途径。另外,应加强吉首蒲儿根的保护生物学研究,并尽快组培快繁,建立苗圃,扩大人工种群,实施迁地保护。

致谢:吉首大学生物资源与环境科学学院王双金、彭莉、徐亮同学在野外调查和数据统计等方面给予帮助,中国科学院昆明植物研究所聂泽龙博士、牛洋博士、张志强博士对写作给予帮助,特此致谢。

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] Chen G X, Deng T, Zhang D G, Li X T, Yao B Y. Preliminary study on floristic characteristics and Ecological adaptability of vascular plants in the special eco-environment of canyon in Dehang, Hu'nan. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2009, 29(7): 1470-1478.
- [3] The World Conservation Union (ICUN). IUCN red list categories and criteria, version 3. 1. Gland, Cambridge: IUCN Species Survival Commission, 2001.
- [4] Jeffrey C, Chen Y L. Taxonomic studies on the tribe *Senecioneae* (Compositae) of eastern Asia. *Kew Bulletin*, 1984, 39(2): 205-446.
- [5] Ollerton J, Lack A J. Flowering phenology: an example of relaxation of natural selection? *Trends in Ecology and Evolution*, 1992, 7(8): 274-276.
- [6] Ying J S, Zhang Y L. *The Chinese Endemic Genera of Seed Plant*. Beijing: Science Press, 1994.
- [7] 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.
- [8] Chen G X. The study of floral in Dehang region (I) a analysis on floristic composition. *Journal of Jishou University(Natural Science Edition)*, 1994, 15(6): 74-79.
- [9] Barrett S C H, Harder L D. Ecology and evolution of plant mating. *Trends in Ecology and Evolution*, 1996, 11(2): 73-79.
- [10] Huang S Q, Guo Y H. Advances in pollination biology. *Chinese Science Bulletin*, 2000, 45(3): 225-237.
- [11] Mulligan G A, Kevan P G. Color, brightness, and other floral characteristics attracting insects to the blossoms of some Canadian weeds. *Canadian*

- Journal of Botany, 1973, 51: 1939-1952.
- [12] Galetto L, Bernardello L. Nectar secretion pattern and removal effects in three species of Solanaceae. Canadian Journal of Botany, 1993, 71: 1394-1398.
- [13] Link D A. The floral nectaries in the *Limnathaceae*. Plant Systematics and Evolution, 1992, 179(3/4): 235-243.
- [14] Castellanos M C, Wilson P, Thomson J D. Dynamic nectar replenishment in flowers of *Penstemon* (Scrophulariaceae). American Journal of Botany, 2002, 89(1): 111-118.
- [15] Herrera J. Flowering and fruiting phenology in the coastal shrublands of Doñana, south Spain. Plant Ecology, 1986, 68(2): 91-98.
- [16] Bawa K S. Patterns of flowering in tropical plants//Jones C E, Little R J, eds. Handbook of Experimental Pollination Ecology. New York: van Nostrand Reinhold Company, 1983: 394-410.
- [17] Xiao Y A, He P, Li X H. The flowering phenology and reproductive features of the endangered plant *Disanthus cercidifolius* var. *longipes* H. T. Chang (Hamamelidaceae). Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(1): 14-21.
- [18] Leins P, Erbar C. On the mechanisms of secondary pollen presentation in the Campanulales-Asterales-complex. Botanica Acta, 1990, 103: 87-92.
- [19] Erbar C, Leins P. Portioned pollen release and the syndromes of secondary pollen presentation in the Campanulales-Asterales-complex. Flora, 1995, 190: 323-338.
- [20] Ma S B, Jiang H Q. Study on the seed weight and seed seize variation pattern and their biological significance in Podophylloideae (Berberidaceae). Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 1999, 19(4): 715-724.
- [21] Hone D W E, Benton M J. The evolution of large size: how dose Cope's Rule work?. Trends in Ecology and Evolution, 2005, 20(1): 4-6.
- [22] Moles A T, Ackerly D D, Webb C O, Tweddle J C, Dickie J B, Westoby M. A brief history of seed size. Science, 2005, 307(5709): 576-580.
- [23] Zhang S T, Du G Z, Chen J K. The present situation and prospect of studies on evolutionary ecology of seed size variation. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(2): 353-364.
- [24] He C Q, Zhao K Y, Yu G Y. Advance in the ecology adaptability of the clonal plant in wetlands. Chinese Journal of Ecology, 1999, 18(6): 38-46.
- [25] Zhong Z C. Reproductive strategies of plant populations. Chinese Journal of Ecology, 1995, 14(1): 37-42.
- [26] Grime J P. Plant Strategies and Vegetation Processes. Chichester: John Wiley and Sons, 1979.
- [27] Lovett-Doust L. Population dynamics and local specialization in a clonal perennial (*Ranunculus repens*): I. The dynamics of ramets in contrasting habitats. Journal of Ecology, 1981, 69(3): 743-755.
- [28] Dong M. Plant clonal growth in heterogeneous habitats: risk-spreading. Chinese Journal of Plant Ecology, 1996, 20(6): 543-548.
- [29] Schmid B. Spatial dynamics and integration within clones of grassland perennials with different growth form. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 1986, 228(1251): 173-186.

参考文献:

- [2] 陈功锡, 邓涛, 张代贵, 李晓腾, 姚碧艳. 湖南德夯风景区峡谷特殊生境植物区系与生态适应性初探. 西北植物学报, 2009, 29(7): 1470-1478.
- [7] 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.
- [8] 陈功锡. 德夯风景区植物区系的研究 (I) 植物区系组成分析. 吉首大学学报(自然科学版), 1994, 15(6): 74-79.
- [10] 黄双全, 郭友好. 传粉生物学研究进展. 科学通报, 2000, 45(3): 225-237.
- [17] 肖宜安, 何平, 李晓红. 濒危植物长柄双花木开花物候与生殖特性. 生态学报, 2004, 24(1): 14-21.
- [20] 马绍宾, 姜汉侨. 小檗科鬼臼亚科种子大小变异式样及其生物学意义. 西北植物学报, 1999, 19(4): 715-724.
- [23] 张世挺, 杜国祯, 陈家宽. 种子大小变异的进化生态学研究现状与展望. 生态学报, 2003, 23(2): 353-364.
- [24] 何池全, 赵魁义, 余国营. 湿地克隆植物的繁殖对策与生态适应性. 生态学杂志, 1999, 18(6): 38-46.
- [25] 钟章成. 植物种群的繁殖对策. 生态学杂志, 1995, 14(1): 37-42.
- [28] 董鸣. 异质性生境中的植物克隆生长. 植物生态学报, 1996, 20(6): 543-548.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.31 ,No.15 August ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Trophic group responses of ground arthropods to land-cover change and management disturbance	LI Fengrui, LIU Jiliang, HUA Wei, et al (4169)
Construction and comparative analysis of enriched microsatellite library from <i>Liposcelis bostrychophila</i> and <i>L. entomophila</i> genome	WEI Dandan, YUAN Minglong, WANG Baojun, et al (4182)
Development of EST-SSRs markers and analysis of genetic diversities among different geographical populations of Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i>	YAN Xiwu, YU Zhifei, QIN Yanjie, et al (4190)
Genetic diversity of different generations of the Dalian population of Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i> through selective breeding	YU Zhifei, YAN Xiwu, YANG Fei, et al (4199)
Comparative study of spike differentiation in wheat in the glasshouse and field	JIANG Lina, ZHAO Yanling, SHAO Yun, et al (4207)
Effects of organic fertilizer on growth and endogenous hormone contents of wheat seedlings under salt stress	LIU Haiying, CUI Changhai, ZHAO Qian, et al (4215)
Impacts of climatic change on spring wheat growth in a semi-arid region of the Loess Plateau: a case study in Dingxi, Gansu Province	YAO Yubi, WANG Runyuan, YANG Jinhu, et al (4225)
Dynamic changes in nitrogen and phosphorus concentrations and emission-reduction potentials in paddy field water under different tillage models	FENG Guolu, YANG Renbin (4235)
Effects of planting and straw returning of transgenic Bt maize on soil enzyme activities under field condition	YAN Shilei, ZHAO Lei, SUN Hongwei, et al (4244)
Effects of short-term flooding on <i>Geobacteraceae</i> spp. and <i>Anaeromyxobacter</i> spp. abundance in paddy soil	ZHU Chao, Stefan Ratering, QU Dong, et al (4251)
Adaptive adjustments of the sowing date of late season rice under climate change in Guangdong Province	WANG Hua, CHEN Xinguang, HU Fei, et al (4261)
Carbon and nitrogen sequestration rate in long-term fenced grasslands in Inner Mongolia, China	HE Nianpeng, HAN Xingguo, YU Guirui (4270)
Ecosystems carbon storage and carbon sequestration potential of two main tree species for the Grain for Green Project on China's hilly Loess Plateau	LIU Yingchun, WANG Qiufeng, YU Guirui, et al (4277)
Wettability on plant leaf surfaces and its ecological significance	SHI Hui, WANG Huixia, LI Yangyang (4287)
Seasonal dynamics of litter accumulation in major forest communities on the northern slope of Changbai Mountain, Northeast China	ZHENG Jinping, GUO Zhongling, XU Chengyang, et al (4299)
A comparative study of seed germination traits of 52 species from Gurbantunggut Desert and its peripheral zone	LIU Huiliang, SONG Mingfang, DUAN Shimin, et al (4308)
The reproductive ecological characteristics of <i>Sinosenecio jishouensis</i> (Compositae) and its endangerment mechanisms	DENG Tao, CHEN Gongxi, ZHANG Daigui, et al (4318)
Iterative algorithm for analyzing the influence of the proportion of permanently destroyed sites on the equilibrium abundances of species	SHI Peijian, GE Feng, YANG Qingpei (4327)
Physiological mechanism of foliage spraying paclobutrazol on increasing salt tolerance of <i>Jatropha curcas</i> seedlings	MAO Yiqing, ZHENG Qingsong, CHEN Jianmiao, et al (4334)
Spatial ecological niche of main insect borers in larch of Aershan	YUAN Fei, LUO Youqing, SHI Juan, et al (4342)
Source areas and landing mechanism of early immigration of white-backed planthoppers <i>Sogatella furcifera</i> (Horváth) in Yunnan, 2009	SHEN Huimei, LÜ Jianping, ZHOU Jinyu, et al (4350)
Life history and the evolutionary significance of egg diapause in Changsha population of the rice grasshopper, <i>Oxya chinensis</i> (Orthoptera: Catantopidae)	ZHU Daohong, ZHANG Chao, TAN Ronghe (4365)
Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in "518" nectarine orchard	SHI Xiaoli, BI Shoudong, GENG Jiguang, et al (4372)
Dynamics of soil meso- and microfauna communities in Zoigê alpine meadows on the eastern edge of Qinghai-Tibet Plateau, China	ZHANG Hongzhi, WU Pengfei, YANG Daxing, et al (4385)
Seasonal changes in waterbirds population and movements of Great Black-headed Gull <i>Larus ichthyaetus</i> at Keluke Lake of Qinghai, China	ZHANG Guogang, LIU Dongping, HOU Yunqiu, et al (4398)
Predictions of net carbon emissions based on the emissions and forest carbon sinks in Yunnan Province	LIU Huiya, WANG Zheng, MA Xiaozhe (4405)
Ecological water depletion by human use in Beijing City	BAI Yinglan, WANG Rusong, YAO Liang (4415)
Review and Monograph	
Research progress on regulation mechanism for the process of water transport in plants	YANG Qiliang, ZHANG Fucang, LIU Xiaogang, et al (4427)
Antibiotics in environmental matrices and their effects on microbial ecosystems	YU Shen, WANG Min, HONG Youwei (4437)
Anaerobic ammonium oxidation in natural ecosystems	SHEN Lidong, ZHENG Ping, HU Baolan (4447)
Scientific Note	
Ecological characteristics of macrobenthic communities and their relation to water environmental factors in four bays of southern Shandong Peninsula	ZHANG Ying, LÜ Zhenbo, XU Zongfa, et al (4455)
Seasonal succession of crustacean zooplankton in relation to the major environmental factors in Lake Ulungur, Xinjiang	YANG Lili, ZHOU Xiaoyu, LIU Qigen, et al (4468)
Effect of different fertilization and irrigation practices on soil ammonia volatilization of Arecanut (<i>Areca catechu</i> L.)	LU Lilan, GAN Bingchun, XU Minghui, et al (4477)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

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

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

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 15 期 (2011 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 15 2011

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



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元