

武夷山香果树自然种群生殖构件特性研究

郭连金, 林国卫, 徐卫红, 王艾平

(上饶师范学院 生命科学院, 江西 上饶 334000)

摘要:对武夷山香果树自然种群生殖构件特性进行了研究。结果表明:(1)香果树种群始花时间变异较大,可相差 7 d 左右,始花时间为 7 月中旬,8 月下旬结束,花期约 33 d;(2)生殖构件的数量与生境和树冠位置有一定关系,香果树纯林中生殖枝数显著高于其他种群,针叶林和毛竹林中香果树生殖构件分布相当。不同冠层之间生殖构件以中、下层显著低于上层,南向树冠显著高于其他各方向生殖构件数;(3)香果树花期和果期败育率高(81.45%和 58.12%),并在不同生境和树冠位置产生显著差异,结实率低是其濒危主要原因之一;(4)主成分分析显示香果树生境中光照、坡向、乔木层盖度对其生殖构件生长产生显著影响。

关键词:濒危植物; 香果树; 生殖构件

中图分类号:S718.54 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2011)04-0018-05

Characteristics of Reproductive Modules of *Emmenopterys henryi* Natural Population in Wuyi Mountain

GUO Lian-jin, LIN Guo-wei, XU Wei-hong, WANG Ai-ping

(College of Life Sciences, Shangrao Normal University, Shangrao, Jiangxi 334000, China)

Abstract: Features of the reproductive modules of *Emmenopterys henryi* in Wuyi Mountain, one of endangered plants in China, were investigated. The results showed that the initial time of flowering in *E. henryi* population presonted variability, about 7 days gap. The initial time of flowering with in population was in the middle of July, and ended in late August, its blooming period lasted 33 days. The distribution of reproductive modules related to the habitat and the position of tree crown. The number of flowers, buds and fruits in *E. henryi* pure population were significantly higher than other populations, but no significant difference in *Phyllostachys edulis* forests and conifer and broad-leaved mixed forests. In different crown layers, the middle and lower layer were significantly lower than upper layer in number of reproductive branches and reproductive branch ratio, however, south of the crown were higher than other directions. The abortive rates at flowering stage and fruit stage were higher(81.45% and 58.12%), and they were remarkable differences among the habitats and crown positions. The high abortive rate lead to low fruit yield, it is one of the reasons to make *E. henryi* being endangered. Principal component analysis showed that reproductive module were impacted significantly by the light, slope aspect, tree layer cover in the *E. henryi* population.

Key words: endangered plant; *Emmenopterys henryi*; reproductive module

生殖构件是种子植物的花、果实和种子以及着生这些器官的生殖枝^[1],在多年生多次结实的乔木树种的生活史中,植物的生殖构件是重要的有性生殖特征,它在植冠中的分化、生长和分布的研究成为

个体和种群水平上生殖生态学研究的一个新方向^[2,3]。近年来,已有学者对不同植物的有性生殖构件方面进行了相关研究^[3-7]。研究濒危植物种群生殖构件的分布格局等生物学过程,对揭示种群濒危机理和促进种群恢复有重要意义。

香果树(*Emmenopterys henryi*)属茜草科,是第四纪冰川孑遗植物之一,为中国特有单属植物,是研究茜草科系统发育、形态演化及中国植物地理区系的重要材料,为国家Ⅱ级重点保护植物和林业部公布的国家珍贵树种^[8]。国内学者对香果树的种群结构与分布格局、群落特征等已有报道^[9-12],但种群生殖构件研究尚未见报道。本文通过对香果树天然林中种群生殖构件分布格局、数量特征研究,为濒危植物香果树的生殖生态和濒危机制研究提供参考。

1 研究地自然概况

香果树主要分布于江西、福建、浙江、安徽及西南诸省^[10,11],由于香果树现存数量有限,大多星散分布^[10]。近年来调查发现,武夷山有成片香果树分布,这对进一步研究其生物学、生态学特性,寻找其濒危原因提供了研究基础和条件,因此本研究地设在武夷山国家级自然保护区,该区是世界同纬度现存面积最大,保存最完整的中亚热带森林生态系统,区内有完好的地带性常绿阔叶林群落,具有全球生物多样性保护意义。属于典型的亚热带季风气候,年平均气温在 8.5~18℃之间。年降水量一般为 1 486~2 150 mm,相对湿度 78%~84%。土壤类型主要有红壤、黄红壤、黄壤和山地草甸地。香果树分布于海拔 900~1 600 m 的沟谷水溪旁的山坡上^[13],主要有 4 种群落类型:毛竹林、香果树纯林、

阔叶林、针阔混交林。在前 3 种类型中,香果树大多位于乔木第一亚层,光照充足,长势较好。而在针阔混交林中,香果树常散生在高大的柳杉(*Cryptomeria fortunei*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)等针叶林下,生境条件较差,生长较差。其伴生种有红脉钓樟(*Lindera rubronervia*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、野鸭椿(*Euscaphis japonica*)、毛竹(*Phyllostachys pubescens*)、亮叶杨桐(*Adinandra nitida*)、伞形绣球(*Hydrangea angustipetala*)、一年蓬(*Erigeron annuus*)、兔儿伞(*Syneilesis ac-onitifolia*)、黄堇(*Corydalis pallida*)、菝葜(*Smilax china*)、糯米团(*Gonostegia hirta*)等^[11]。

2 研究方法

2.1 样地设置及调查

在武夷山香果树分布区内选择有代表性的香果树种群为研究对象,在其分布的 4 种生境(A:毛竹林中香果树种群;B:常绿落叶阔叶林中香果树种群;C:香果树纯林;D:针叶林中香果树种群)中分别设置 3 个 20 m×20 m 的样地,并在每个样地中随机设置 3 个 5 m×5 m 的灌木样方和 5 个 1 m×1 m 草本样方进行群落生态学调查(表 1),调查内容包括:①生境:地貌地形、土壤、坡向、坡位和群落内环境因子。②群落学特征:物种组成、高度、盖度、频度等^[14]。③香果树个体定位:以样地一边为 *x* 轴,以其垂直边作为 *y* 轴建立平面直角坐标系,记录每一株的坐标值,同时测定其胸径、高度和冠幅。其中光照强度采用 ZDS-10 型光照计在不同生境的群落内固定位置,测定 3 个日进程(7:00、10:00、13:00、15:00、18:00),取平均值。

表 1 2008 年 7 月不同海拔香果树种群样地概况
Table 1 Genenal situation of *Emmenopterys henryi* populations at the different habitats in July 2008

种群类型	A	B	C	D
海拔 /m	1 120~1 250	1 295~1 380	1 285~1 350	1 430~1 500
坡向	阳坡	阳坡、半阳坡	阳坡	半阳坡
坡位	中、下坡	中、下坡	中、下坡	下坡
乔木层盖度	0.68±0.05	0.73±0.10	0.72±0.08	0.67±0.12
光照强度(林内与林外光强的比值)/%	4.73±1.27	5.34±1.83	6.71±2.10	4.32±1.56
种群密度/(株·100 m ⁻²)	15.75±2.50	26.50±3.87	42.00±7.04	13.33±2.08
群落乔木总密度/(株·100 m ⁻²)	38.00±5.23	31.41±6.98	44.57±7.58	29.25±6.52
优势物种	毛竹+香果树	甜槠+香果树	香果树纯林	香果树+柳杉

2.2 生殖物候学观测方法

于香果树花蕾期(2008 年 7 月 15 日),在各样地选择有代表性的 5 棵母树(样地内小于 5 株母树

的按实际观测植株数)作标记。自首棵母树开花起(7 月 18 日),每隔 7 d 进行物候观测一次,直到 9 月 5 日(所有母树花全部脱落),记录累计开花数。统

计始花时间、开花高峰期、持续时间和终花期。其中始花期为单株开花日期,大于或等于 50% 为盛花期,小于 10% 的开花数为末花期,无花开放为终花期。

2.3 生殖构件调查

2008 年 7 月 15 日将标记母树树冠均分为上、中、下 3 层,东、南、西、北四个方向,每项标记 10 个标准枝,并调查标准枝花芽数。自 7 月 18 日样地中香果树开花始,到 11 月 5 日叶子脱落、果实成熟脱落止进行生殖构件动态调查,期间每周调查一次花枝数、开花数、结果数,记录开花动态和结果动态,以分析生殖构件分布格局(生殖构件比率=单项生殖构件数占样地调查生殖构件总数的百分比)、计算开花同步性^[15],并统计生殖构件败育率(芽期败育率:开花前败育的花芽数占总花芽数的百分比,花期败育率:开花后不能长成幼果的花数占总开花数的百分比,果期败育率:败育果实数占总幼果数的百分比),待果实成熟后,每株母树上按方向、层位摘果实 5 个(不足 5 个按实际个数)带回实验室取种,作为测定单果含种量的样本。

2.4 数据处理

对香果树生殖构件分布、各期败育率进行差异显著性检验,以考察不同种群、树冠层位和方向对生殖构件的影响。对香果树各样地环境因子进行主分量分析(其中将坡向以北为 0 顺时针旋转 360°来赋值,坡位以下坡位为 1,中坡位为 2,上坡位为 3 予以赋值^[16]),以确定哪种因子对其败育率影响较大。数据均用 SPSS 13. 0 和 Excel 2003 处理。

3 结果与分析

3.1 开花物候的空间变化

不同种群香果树开花进程存在一定差异(图 1),毛竹林(A)中香果树的开花时间最早,花期短,花期持续时间仅为 27 d,而针叶林(D)中香果树种

群开花最迟,香果树纯林(C)和阔叶林(B)中香果树种群开花起始时间和终止时间介于前两者之间。

不同群落中个体开花同步指数亦有差异。其中纯林(C)中个体间的同步指数最低,仅为 0. 457,和阔叶林(B)中个体间同步指数(0. 514)接近,而竹林(A)中的最高,达 0. 703,该种群个体开花同步指数远低于长柄双花木^[17],开花同步性越低,种群间乃至个体间杂交越困难,种群败育率越高^[18]。

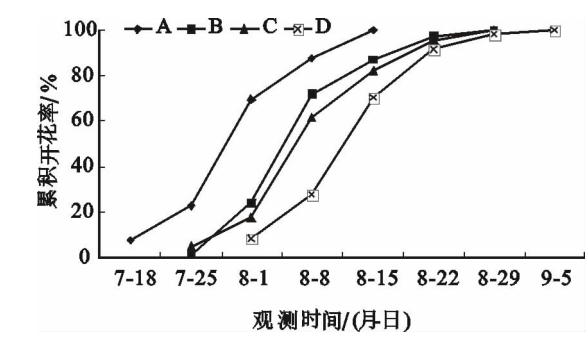


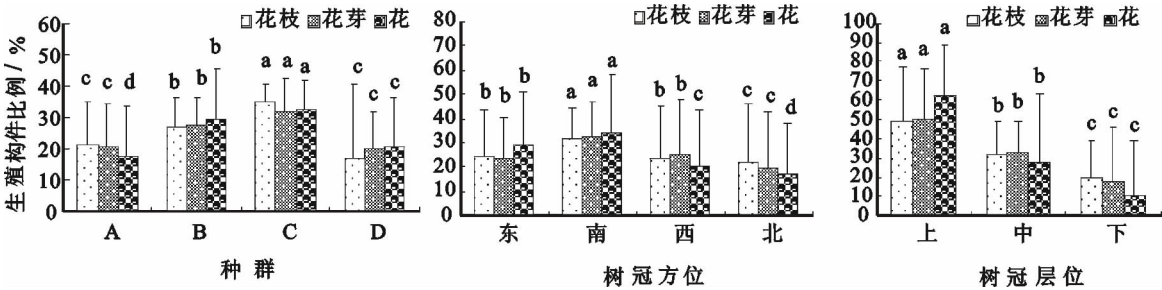
图 1 不同种群香果树开花进程

Fig. 1 Flowering process curves of *E. henryi* in different populations

3.2 生殖构件分布格局

常绿落叶阔叶林中香果树种群(B)位于阳坡、半阳坡,中下坡位(表 1),香果树散生于阔叶林中,林内存在较大砾石,乔木植株密度小,光照充足,生殖构件分布比例较高。香果树纯林(C)各样地位于阳坡,树冠受光充分,生殖构件数量最多。生存于毛竹和针叶林内的香果树生长状况较差,与毛竹、柳杉等竞争处于劣势,处于亚乔木层,光照较少,生殖构件数量少(图 2)。

不同方位和树冠层位的香果树花枝、花、花芽分布均体现出较大程度上的向光特性,生殖构件比例呈现出一致的格局:南>东>西>北,上>中>下,即阳面分布比例较大,阴面较小,表明阳面和树冠上层最容易形成花枝、花芽和花,基本代表了香果树的生殖格局。



* 相同生殖构件上不同字母表示差异显著($p < 0. 05$),下同。

图 2 武夷山香果树生殖构件分布变化

Fig. 2 Changes of reproductive modules distribution of *E. henryi* in Wuyi Mt.

3.3 香果树生殖构件的败育率

图 3 显示,香果树花期败育率最高,其次为果期,芽期败育率最低。不同种群香果树芽期败育率基本一致,在 19.23%左右摆动,花期、果期败育率则存在显著差异。香果树纯林(C)花期败育率最低(61.18%±34.64%),其次为常绿落叶阔叶林(B),

毛竹林(A)和针叶林(D)中香果树母树花期败育率最高;而不同种群果期败育率规律与花期基本类似,所不同的是常绿落叶阔叶林(B)中香果树果期败育率最低(50.65±17.61%)。不同母树树冠方向和层位对香果树各期败育率产生显著影响,各期败育率均呈现出南<东<西<北、上<中<下的格局。

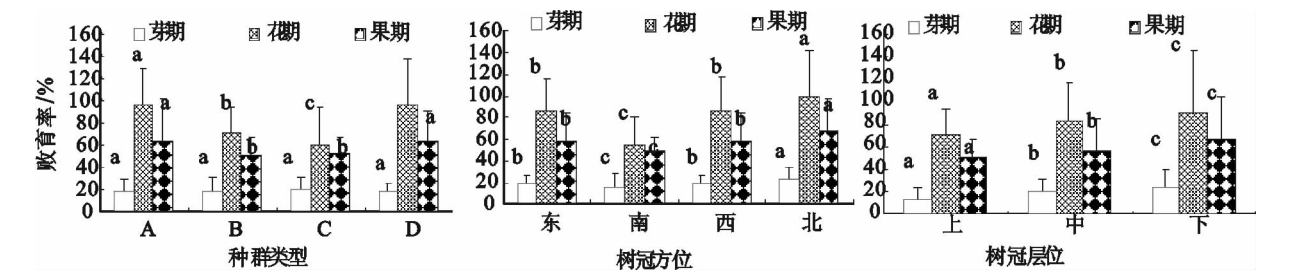


图 3 武夷山香果树生殖构件的败育率

Fig. 3 Abortive rate of reproductive modules distribution of *E. henryi* in Wuyi Mt.

3.4 环境因子对香果树生殖构件的影响

对香果树各样地生境因子进行主分量分析(表 2),前两个主分量累积贡献率达 86.427,其中在第一主分量中,光照(负荷量为-0.955)和坡向(0.891)对香果树的种群结构起着决定作用,两者决定着香果树生殖构件的产生与凋落,即高光强和阳坡可降低香果树生殖构件的败育率。第二主分量对香果树产生较大影响的是乔木层盖度(-0.919)和海拔(0.832),故较低海拔和乔木层盖度的地区对香果树生殖构件的发育较为有利,是种群进行有性繁殖的适生环境。

表 2 不同环境因子的贡献率和主分量值

Table 2 Contribution rate and principal component value of different environmental factors

环境因子	主分量	
	1	2
海拔	0.039	0.832
坡向	0.891	0.525
坡位	-0.583	0.740
乔木层盖度	0.306	-0.919
光照强度	-0.955	0.050
种群密度	0.591	0.643
特征根	7.311	2.625
各分量贡献率/%	56.238	30.189
累计贡献率/%	56.238	86.427

4 讨论

香果树母树每年大部分(70%)处于结实间歇期,单株约 4 a 开一次花,花期为 7 月中旬到 8 月中下旬。李新蓉对沙冬青研究发现海拔、光照等环境因子可对花期产生影响^[19],本研究表明不同种群花期存在一定差异,其中海拔较低的毛竹林中香果树

始花期较早,花期最短(28 d),而海拔最高的针叶林中香果树始花期晚,开花期较长(35 d)。香果树开花具有明显的不同步性,野外观测发现,群落非香果树乔木层盖度越高,香果树开花不同步性越高。这种开花不同步性尽管可以保证该物种具有较长时间的传粉受精,降低恶劣天气对生殖产生的影响^[20],但其花粉和柱头活力持续时间很短^[18],导致自花传粉几率过高,这可能是其花期败育率较高的原因。

武夷山香果树种群花枝、花芽和花构件分布以香果树纯林中最高(>30%),而针叶林和毛竹林中香果树各构件分布比率较低,且四种生境生殖构件分布均达到差异显著水平。这表明生境显著影响着香果树生殖构件的分布。由不同树冠方向、层位生殖构件数据统计表明树冠方向、层位同样对其构件分布产生显著影响,其中树冠南向和上层生殖构件分布最多,树冠北向和下层生殖构件分布最少,由此可知香果树生殖构件的产生对光照要求较高,高光强可促进其发育生长。这与秦岭冷杉(*Abies chensiensis*)的研究结果一致^[21]。

武夷山香果树芽期败育率较低(19.23%),而花期败育率和果期败育率高(81.45%和 58.12%),致使其最终结实率低,野外调查显示香果树每个生殖枝最终有 0~4 个果实具有可育种子,其结实率约 6.45%。植物体内部积累的资源是有限的,而生殖生长需要消耗植物体内的资源^[4],因此形成过多的花将导致资源竞争的产生,部分生殖器官必然出现败育现象,香果树和多数濒危植物一样出现花多果少的格局^[22-23],其结实率远低于金花茶(*Camellia nitidissima*)^[4],其种子小,且极易霉烂,导致其繁殖力低^[11],是香果树濒危的一个主要原因。

香果树花芽对环境的敏感程度低于花和果,不

同种群中花芽败育率无明显差别,但花和果期败育率则存在显著差异。其中纯林和阔叶林中香果树败育率较低。不同树冠方向和层位对生殖构件的败育同样产生显著影响,光照强度越低,其败育率越高。

对香果树生境因子进行主成分分析,表明光照、坡向、乔木盖度等因子对香果树生殖构件的发育产生显著影响,其中光照条件对香果树种群生殖构件的影响较大,因此建议对生境中其他物种进行间伐、择伐,增加母树的光照,以提高花果产量;进行人工放养蜂类,提高其异花传粉的成功授粉率、结实率及产种率,并采集香果树种子在其分布区内进行人工育苗,以扩大种群数量。

致谢:本研究野外调查得到了武夷山国家自然保护区管理局周振华、詹建魁等同志的帮助,特此感谢。

参考文献:

[1] 陈波,宋永昌,达良俊. 天童常绿阔叶树种栲树生殖个体大小及其生殖构件特征[J]. 植物研究, 2004, 24(1): 80-86.
CHEN B, SONG Y C, DA L J. Study on reproductive unit size and reproductive modules dynamics of *Castanopsis fargesii* in Tiantong National Forest Park, Zhejiang Province[J]. Bulletin of Botanical Research, 2004, 24(1): 80-86.

[2] IOVETT DOUS. J, L IOVETT DOUST. Plant reproductive ecology: patterns and strategies[M], Oxford: Oxford University Press, 1988.

[3] 祖元刚,毛子军,袁晓颖,等. 白桦的开花时间及生殖构件的数量与树龄和树冠层次的关系[J]. 生态学报, 2000, 20(4): 673- 677.
ZU Y G, MAO Z J, YUAN X Y, *et al.* The blooming and production of reproductive modules in relation to tree age and their position within crowns in *Betula platyphylla* [J]. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(4): 673-677.

[4] 柴胜丰,韦霄,蒋运生,等. 濒危植物金花茶开花物候和生殖构件特征[J]. 热带亚热带植物学报, 2009, 17(1): 5-11.
CHAI S F, WEI X, JIANG Y S, *et al.* The flowering phenology and characteristics of reproductive modules of endangered plant *Camellia nitidissima* [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2009, 17(1): 5-11.

[5] DANG H, ZHANG Y, ZHANG K, *et al.* Age structure and regeneration of subalpine fir (*Abies fargesii*) forests across an altitudinal range in the Qinling Mountains, China[J]. Forest Ecology and Management, 2010, 259(3): 547-554.

[6] DE ROSE R J, LONG J N. Regeneration response and seedling bank dynamics on a *Dendroctonus rufipennis*-killed *Picea engelmannii* landscape [J]. Journal of Vegetation Science, 2010, 22(2): 377-387.

[7] 付玉嫔; 陈少瑜; 吴涛,等. 中缅木莲与大果木莲种子形态特征及萌发特性的比较[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(6): 33-37.
FU Y P, CHEN S Y, WU T, *et al.* Comparison of seed mor-

ality and germination characteristics of compare of *Manglietia hookeri* and endangered *M. grandis* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(6): 33-37.

[8] 于永福. 中国野生植物保护工作的里程碑—《国家重点保护野生植物名录(第一批)》出台[J]. 植物杂志, 1999, 151(5): 3-11.

[9] 李铁华,周佑勋,段小平,等. 香果树种子休眠和萌发的生理特性[J]. 中南林学院学报, 2004, 24(2): 83-84.
LI T H, ZHOU Y X, DUAN X P, *et al.* Physiological characteristics of the dormancy and light-sensitive germination of *Emmenopterys henryi* seeds [J]. Journal of Central South Forestry University, 2004, 24(2): 83-84.

[10] 李中岳,班青. 香果树的生物学特性与繁殖方法[J]. 林业科技开发, 1995, 4: 37-38.

[11] 郭连金. 濒危植物香果树 (*Emmenopterys henryi*) 种群结构与动态[J]. 武汉植物学研究, 2009, 27(5): 509-514.
GUO L J. Population structure and dynamics of the endangered pant *Emmenopterys henryi* [J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2009, 27(5): 509-514.

[12] 郭连金,李梅. 濒危植物香果树武夷山种群分布格局的分形分析[J]. 西北植物学报, 2009, 29(5): 86-87.
GUO L J, LI M. Fractal analysis of the distribution pattern of an dndangered plant, *Emmenopterys henryi* population in Wuyi Mountain [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2009, 29(5): 86-87.

[13] 刘信中,方福生. 江西武夷山自然保护区科学考察集[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 97-98.

[14] 郭其强,卢杰,罗大庆,等. 西藏季拉山阳坡林线方枝柏种群结构特征研究[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(2): 15-18.
GUO Q Q, LU J, LUO D Q, *et al.* Ecological characteristics of *Sabina saltuaria* population at the timberline ectone on the sunny slope of the Sejila Mounta [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(2): 15-18.

[15] 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[J]. 生态学报, 2004, 24(1): 14-21.
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) [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(1): 14-21.

[16] 郭连金,李永娥,李梅. 武夷山米槠种群数量动态分析[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(5): 27-31.
GUO L J, LI Y E, LI M. Analysis on quantitive dynamics of *Castanopsis carlesii* population in Wuyishan Nature Reserve [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(5): 27-31.

[17] 肖宜安,何平,胡文海,等. 濒危植物长柄双花木自然种群生殖构件的时空动态[J]. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1200-1204.
XIAO Y A, HE P, HU W H, *et al.* Temporal and spatial dynamics of reproductive modules of endangered plant *Disanthus cercidifolius* var. *longipes* natural populations [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(7): 1200-1204.

参考文献：

[1] 穆 鼎. 观赏百合[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.

[2] DAFNIA, HESSEM, PACINIE. Polen and pollination[M]. New York: Springer-Verlag, 2000.

[3] 贾文庆, 刘会超, 姚连芳. 紫薇花粉萌发特性研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(6): 18-20.

JIA W Q, LIU H C, YAO L F. Pollen viability of *Lagerstroemia indica* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(6): 18-20.

[4] 郝瑞娟, 穆 鼎, 张 檀, 等. 百合品种间杂交的初步研究[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(3): 87-89.

HAO R J, MU D, ZHANG T, *et al.* A preliminary research on cross breeding between lily cultivars[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005, 20(3): 87-89.

[5] 程金水. 园林植物遗传育种学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.

[6] WAICHIROK. Mass *in vitro* production of bulblets of *Lilium japonicum* Houtt[J]. J. Japan Soc. Hort. Sci, 1993, 61: 611-618.

[7] 贾文庆, 刘宇, 陈韵, 等. Ca^{2+} 与葱兰花粉萌发和花粉管生长的关系[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(4): 98-99.

JIA Q W, LIU Y, CHEN Y, *et al.* Ca^{2+} in relation to germination and tube growth of *Zephyranthes candida* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(4): 98-99.

[8] 黄双全, 郭友好. 传粉生物学的研究进展[J]. 科学通报, 2000, 45 (3): 225-237.

HUANG S Q, GUO Y H. Progresses on pollination biology [J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45 (3): 225-237.

[9] 刘林德, 张洪军, 祝 宁, 等. 刺五加花粉活力和柱头可授性的研究[J]. 植物研究, 2001, 21 (3): 376-380.

LIU L D, ZHANG H J, ZHU N, *et al.* Pollen viability and stigma receptivity of *Eleutherococcus senticosus* (Araliaceae) [J]. Bulletin of Botanical Research 2001, 21 (3): 376-380.

[10] 肖宜安, 何 平, 李晓红. 濒危植物长柄双花木的花部综合特征与繁育系统[J]. 植物生态学报, 2004, 28 (3): 333-340.

XIAO Y A, HE P, LI X H. Floral syndrome and breeding system of the endangered plant *Disanthus cercidifolius* Maxim var. *longipes* [J]. Acta Phytoecologica Sinica, 2004, 28 (3): 333-340.

[11] 张丙林, 穆春生, 王 颖, 等. 五脉山黧豆开花动态及有性繁育系统的研究[J]. 草叶学报, 2006, 15 (2): 68-73.

ZHANG B L, MU C S, WANG Y, *et al.* Study on floral dynamic and breeding system of *Lathyrus quinquenervius* [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2006, 15 (2): 68-73.

(上接第 22 页)

[18] 程喜梅. 国家重点保护植物香果树传粉生物学研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2008: 19-24.

[19] 李新蓉, 谭敦炎, 郭 江. 迁地保护条件下两种沙冬青的开花物候比较研究[J]. 生物多样性, 2006, 14(3): 241-249.

LI X Y, TAN C Y, GUO J. Comparison of flowering phenology of two species of *Ammopiptanthus* (Fabaceae) under *ex situ* conservation in the Turpan Eremophytes Botanical Garden, Xinjiang[J]. Biodiversity Science, 2006, 14(3): 241-249.

[20] 焦培培, 李志军. 濒危植物矮沙冬青开花物候研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(8): 1683-168.

JIAO P P, LI Z J. Flowering phenology of an endangered plant *Ammopiptanthus nanus* [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2007, 27(8): 1683-168.

[21] 张文辉, 许晓波, 周建云. 濒危植物秦岭冷杉生殖生态学特征[J]. 生态学报, 2006, 26(8): 2417-2424.

ZHANG W H, XU X B, ZHOU J Y. Study on reproduction ecology of endangered species *Abies chensiensis* [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(8): 2417-2424.

[22] 王迎春, 侯艳伟, 张颖娟, 等. 四合木种群生殖对策的研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(6): 699-703.

WANG Y C, HOU Y W, ZHANG Y J, *et al.* Reproductive strategies of *Tetraena mongolica* maxim [J]. Acta Phytoecologica Sinica, 2001, 25(6): 699-703.

[23] 张道远, 马文宝, 施 翔, 等. 准噶尔无叶豆的地理分布、群落学特征及生物生态学特性[J]. 中国沙漠, 2008, 28(3): 430-436.

ZHANG D Y, MA W B, SHI X, *et al.* Distribution and biological characteristics of *Eremosparton songoricum*, a rare plant in Gurbantunggut Desert [J]. Journal of Desert Research, 2008, 28(3): 430-436.