

夏蜡梅和光叶红蜡梅花发育特性和柱头可授性

赵宏波¹, 周莉花¹, 郝日明²

(1. 浙江林学院 农业与食品科学学院, 浙江 临安 311300; 2. 南京农业大学 园艺学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 对蜡梅科 Calycanthaceae 夏蜡梅属 *Sinocalycanthus* 夏蜡梅 *Sinocalycanthus chinensis* 和美国蜡梅属 *Calycanthus* 光叶红蜡梅 *Calycanthus floridus* var. *oblongifolius* 的花发育进程进行了观察, 同时利用活体花粉萌发法对其柱头可授性进行了检测。结果表明, 夏蜡梅和光叶红蜡梅花发育进程均可以分为: 紧蕾期、大蕾期、松蕾期、花开放而花药未裂和花开放花药开裂等 5 个时期, 各个时期间隔 1~2 d, 晴朗、高温天气将加速花的发育; 雄蕊和退化雄蕊的发育进程从紧蕾期到花开放散粉阶段为直立到平展再到合拢状, 这种花部动态变化特征有利于异交; 两者的柱头可授期均为 7~8 d, 到花开放而花药未裂阶段达到最强。光叶红蜡梅和夏蜡梅花发育特性基本相似, 只有柱头的发育和花药的生长存在一定的差异。图 4 表 2 参 16

关键词: 植物学; 夏蜡梅; 光叶红蜡梅; 花发育特性; 柱头可授性

中图分类号: S718.3; Q944 文章标志码: A 文章编号: 1000-5692(2009)03-0302-06

Flower development and pistil receptivity in *Sinocalycanthus chinensis* and *Calycanthus floridus* var. *oblongifolius*

ZHAO Hong-bo¹, ZHOU Li-hua¹, HAO Ri-ming²

(1. School of Agriculture and Food Science, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China;

2. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China)

Abstract: The flower development process and pistil receptivity of *Sinocalycanthus chinensis* and *Calycanthus floridus* var. *oblongifolius* were studied by macroscopic observation and using an *in vivo* pollen germination method. Flower development stages, consisting of a) small flower buds, b) large flower buds, c) relaxed flower buds, d) blooming but anther not dehisced, and e) blooming with anther dehisced, as well as pistil receptivity were almost consistent, whereas pistil development and anther growth differed slightly. Each stage interval was 1-2 d with higher temperatures accelerating development. From the small flower bud stage to blooming with anther dehisced, stamens and staminodes were erect, expanding, and then folding. Pistil receptivity period for these two species was 7-8 d, and receptivity was strongest at the blooming but anther not dehisced stage. This flower structure and its relative movement facilitated to outcrossing. [Ch, 4 fig. 2 tab. 16 ref.]

Key words: botany; *Sinocalycanthus chinensis*; *Calycanthus floridus* var. *oblongifolius*; characteristics of flower development; pistil receptivity

植物花部性状影响着传粉效率和交配方式, 从而影响繁衍后代的成功率。花部性状可分为花设计和花展示 2 个层次^[1], 花设计主要包括花的颜色^[2]、大小^[3]、花粉量^[4]、花粉胚珠比^[5]、雌雄异位和雌雄异熟^[6]等, 而花展示主要包括花在某一时刻的开放数量和花的排列方式等^[7-9]。花粉和柱头作为传粉系统的 2 个重要部分, 一定程度上决定传粉的效率。获得高活力的花粉是传粉成功的前提; 而柱头可授期是花成熟过程中的重要时期, 它很大程度上影响传粉频率和成功率、雄性和雌性功能之间的相

收稿日期: 2008-09-10; 修回日期: 2009-02-09

作者简介: 赵宏波, 讲师, 博士, 从事植物繁殖生态和园林植物遗传育种研究。E-mail: zhaohbzhou@yahoo.com.cn

互干扰、不同基因型花粉的竞争以及配子体选择机会等^[1,10]。夏蜡梅 *Sinocalycanthus chinensis* (Cheng et S.Y. Chang) Cheng et S.Y. Chang 隶属于蜡梅科 Calycanthaceae 夏蜡梅属 *Sinocalycanthus*, 为第三纪孑遗植物, 属于中国特有的单种属, 主要分布于浙江省(临安市和天台县)狭小的区域内, 为中国二级珍稀濒危保护植物^[11-12]。因其花大, 花被片二型, 具有较高的观赏价值, 倍受植物研究者和园林工作者的喜爱和重视。美国蜡梅属 *Calycanthus* 原产北美, 花较大, 具香气, 花冠为紫红色^[11], 同样具有较高的观赏价值。夏蜡梅属和美国蜡梅属各自具有很多优良性状, 但同时存在一定的不足, 如果将两者性状进行综合, 获得兼具两者优良性状的材料将丰富蜡梅科植物资源, 扩大蜡梅科的应用范围。Lasseigne 等^[13]、姚青菊等^[14-15]成功实现了夏蜡梅属和美国蜡梅属属间杂交, 但杂交结实率较低。笔者通过研究夏蜡梅和光叶红蜡梅 *Calycanthus floridus* Linn. var. *oblongifolius* (Nutt.) D. E. Boufford et S. A. Sponberg 的花发育特性和柱头可授性, 一方面可以探讨夏蜡梅属和美国蜡梅属花部性状适应进化的交配方式, 从而了解其繁育系统; 另一方面既有助于夏蜡梅的保护, 也将有助于蜡梅科植物的杂交育种。

1 材料与方法

1.1 材料

夏蜡梅选用野生居群内植株(浙江临安大明山); 光叶红蜡梅选择浙江林学院校园内多年栽培的植株。选择发育良好的单株进行观察和实验。

1.2 方法

花发育特性观察: 待小蕾时, 选择 60 朵发育基本一致的花挂牌, 以后每天观察花蕾、花冠、雄蕊、退化雄蕊和柱头的发育状态。柱头可授性检测: ①从紧蕾期开始直至花朵开放但花药未裂之前, 每天选择 15 朵花进行检测; ②选择 30 个松蕾期的花, 去雄, 套袋, 每天检测柱头可授性, 直至柱头萎蔫。检测具体方法: 去雄, 用已经开裂的花粉进行授粉, 套袋, 待授粉后 36 h 取下花, 用甲醛-乙醇-醋酸混合固定液 (FAA 溶液) 固定; 将固定 24 h 以上的花剥开, 取出柱头, 用 2 mol·L⁻¹ 氢氧化钠软化脱色 2 h, 然后用 1 g·L⁻¹ 苯胺蓝溶液浸泡染色 8 h 以上, 用甘油压片, 在 Olympus 荧光显微镜下观察、拍照^[16]。野外实验在 2008 年 4 月 25 日至 5 月 20 日完成, 选择晴朗天气进行实验, 利用不同时期、不同海拔的花重复实验。

2 结果与分析

2.1 花发育特性

由表 1 和表 2 可以看出, 夏蜡梅和光叶红蜡梅花发育进程均可以分为紧蕾期、大蕾期、松蕾期、花开放而花药未裂和花开放花药开裂等 5 个时期, 各个时期间隔 1~2 d; 各个发育时期花部各性状表现出动态变化趋势(表 1~2、图 1~2)。夏蜡梅外花被片为白色, 随着花开放逐渐展开, 直至与花托平, 成直角, 后期花被片略带粉红; 内被片为黄色或淡黄色, 从紧蕾到花开放, 一直呈合拢状; 雄蕊的生长发育由起初的直立到平展, 最后花开放逐渐收拢紧抱花柱, 并且逐渐褐化; 退化雄蕊的生

表 1 夏蜡梅花开放进程

Table 1 Flower development process of *Sinocalycanthus chinensis*

天数/d	发育阶段	生长情况
0	I 紧蕾	花被片紧包; 柱头未伸出, 不明显; 花雄蕊、退化雄蕊直立。
2-3	II 大蕾	花被片包; 花柱逐渐伸长, 已明显可见; 花雄蕊、退化雄蕊开始平展。
4	III 松蕾	花被片松动, 但未开口; 花柱伸长至最长, 逐渐外翻, 具有黏性; 花雄蕊、退化雄蕊平展。
4-5	IV 开放但药未裂	花被片逐渐展开; 柱头具黏性, 外张; 花雄蕊、退化雄蕊逐渐内收、合拢。
5-6	V 开放花药开裂	花开放至最大, 平展; 花雄蕊外向开裂成弓形, 散粉, 与退化雄蕊一起包围柱头; 柱头开始褐化。

说明: 天气晴朗将会加速花的开放, 提前 0.5~1.0 d。

长发育与花药基本一致,由直立到平展再到合拢状;柱头的发育从紧蕾期的不明显到花开放但花药未裂阶段的达到最长且具有黏性状态,大约需要5 d。光叶红蜡梅和夏蜡梅花发育特性基本相似,只有

表2 光叶红蜡梅花开放进程

Table 2 Flower development process of *Calycanthus floridus* var. *oblongifolius*

天数/d	发育阶段	生长情况
0	I 紧蕾	花被片紧包;柱头未伸出,不明显;花雄蕊、退化雄蕊直立。
2~3	II 大蕾	花被片包;花柱逐渐伸长,已明显可见;花雄蕊、退化雄蕊开始平展。
4	III 松蕾	花被片松动,外围花瓣已经展开,但未露蕊;花柱逐渐伸长;花雄蕊、退化雄蕊平展。
5	IV 开放但药未裂	花被片逐渐展开;花柱伸长至最长,外张;花雄蕊、退化雄蕊逐渐内收、合拢。
6	V 开放花药开裂	花开放至最大,平展;花雄蕊开裂,散粉,与退化雄蕊一起包围柱头,但不紧;柱头开始褐化。

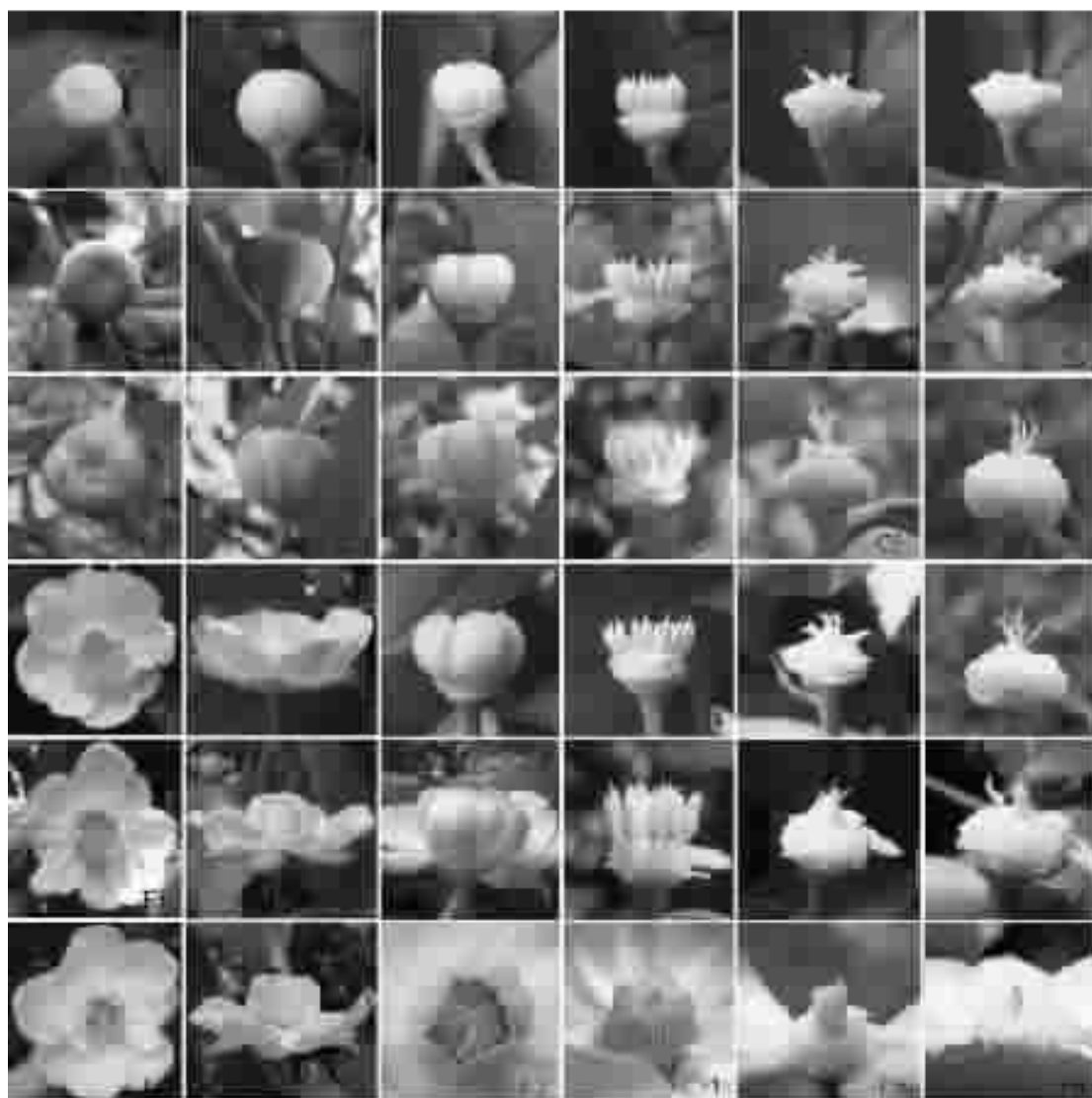


图1 夏蜡梅花发育进程

A. 紧蕾期; B. 大蕾期; C. 松蕾期; D. 花开放但花药未裂; E. 花药开裂散粉; F. 花药开始褐化, 柱头开始褐化; 1. 俯视图; 2. 侧面观; 3. 去除外被片侧面观; 4. 雄蕊; 5. 退化雄蕊和柱头; 6. 柱头

Figure 1 Flower development process of *Sinocalycanthus chinensis*

A. small flower bud; B. large flower bud; C. relaxed flower bud; D. blooming but anther not dehisced; E. blooming and anther dehisced; 1. planform; 2. side elevation; 3. side elevation after removing outer tepals; 4. stamens; 5. staminodes and pistil; 6. pistil

柱头的发育和花药的的生长存在一定的差异。夏蜡梅柱头在松蕾期即达到最长且具黏性，而光叶红蜡梅在花开放而花药未裂阶段达到最长(图 1 ~ 2)；花药开裂时夏蜡梅花药包围柱头紧密，而光叶红蜡梅包围较松散(图 1 ~ 2)。

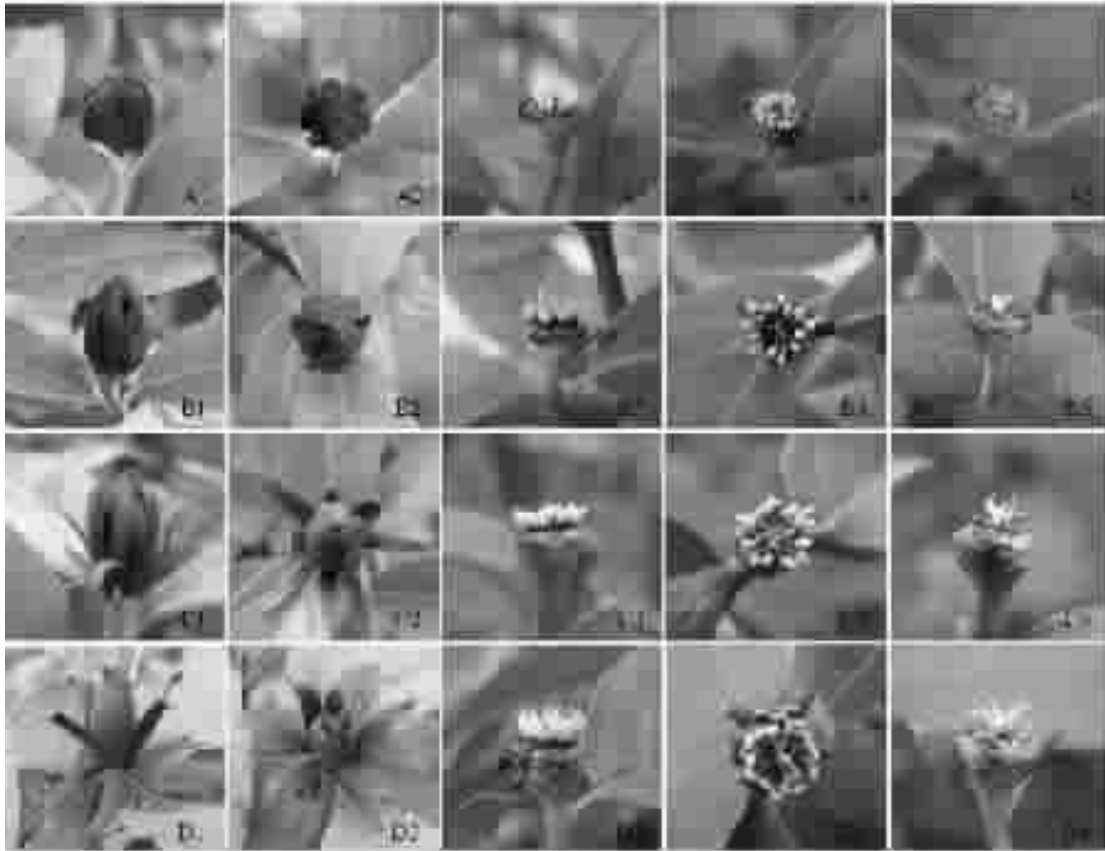


图 2 光叶红蜡梅花发育进程

A. 紧蕾期；B. 大蕾期；C. 松蕾期；D. 花开放但花药未裂；1. 侧面观；2. 俯视图；3. 雄蕊；4. 雄蕊、退化雄蕊和柱头俯视图；5. 柱头

Figure 2 Flower development process of *Calycanthus floridus* var. *oblongifolius*

A. small flower bud; B. large flower bud; C. relaxed flower bud; D. blooming but anther not dehisced; 1. side elevation; 2. plan-form; 3. side elevation after removing tepals; 4. stamens, staminodes and pistil; 5. pistil

2.2 柱头可授性

2.2.1 夏蜡梅柱头可授性 由图 3 可以看出，夏蜡梅在紧蕾期柱头上即有花粉黏附萌发(图 3-a)，随着花柱的逐渐伸长，在柱头上黏附萌发的花粉数量逐渐增加，至花开放而药未裂阶段(图 3-d)，黏附的花粉数量达到最多，说明柱头从紧蕾时便具有可授性，直到柱头完全褐化、萎蔫，在开放而药未裂阶段可授性达到最强，可维持 7 ~ 8 d。

2.2.2 光叶红蜡梅柱头可授性 光叶红蜡梅同样在紧蕾期柱头上即有花粉萌发(图4-a)；随着花逐渐发育，花柱逐渐伸长，柱

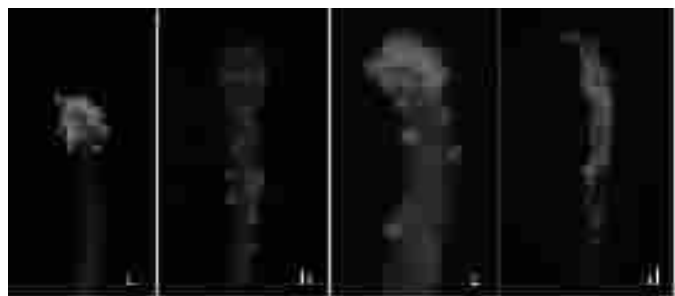


图 3 夏蜡梅柱头可授性

a. 紧蕾期；b. 大蕾期；c. 松蕾期；d. 花开放但花药未开裂

Figure 3 Pistil receptivity of *Sinocalycanthus chinensis*

a. the stage of small flower buds; b. the stage of large flower buds; c. the stage of relaxed flower buds; d. blooming but anther not dehisced

头上黏附萌发的花粉逐渐增加,在花开放而药未裂阶段(此时花柱伸长至最长状态)柱头上黏附的花粉量达到最多(图4-d),说明此时柱头可授性达到最强;随后,柱头上萌发的花粉量逐渐降低直至柱头萎蔫(图4-e,图4-f和图4-g),说明柱头可授性逐渐减弱;因此,光叶红蜡梅柱头可授性大约可持续7~8 d。

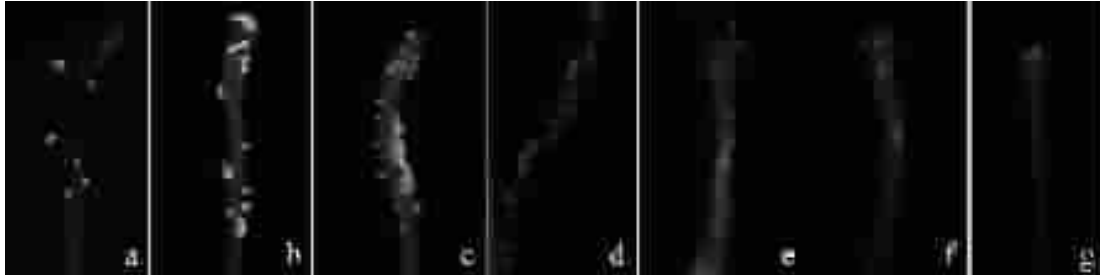


图4 光叶红蜡梅柱头可授性

a. 紧蕾期; b. 大蕾期; c. 松蕾期; d. 花开放但花药未开裂; e. 第6天; f. 第7天; g. 第8天

Figure 4 Pistil receptivity of *Calycanthus floridus* var. *oblongifolius*

a. the stage of small flower buds; b. the stage of large flower buds; c. the stage of relaxed flower buds; d. blooming but anther not dehisced; e. the sixth day; f. the seventh day; g. the eighth day

3 讨论

花部特征及其发育特性对植物的成功繁殖有重要的影响,同时也影响着植物繁殖的交配方式;其中,雌蕊和雄蕊的发育及其相对运动更具有重要的作用^[1]。夏蜡梅和光叶红蜡梅的雄蕊(包括退化雄蕊)从紧蕾期到花朵开放、花药开裂散粉阶段均表现为直立—平展—合拢的变化趋势,而对应的柱头外部形态发育表现为不明显—逐渐伸长—发育成熟—褐化萎蔫,柱头可授性也从较弱、逐渐增强到逐渐丧失。在花开放而花药未裂阶段,柱头可授性达到最强,而此时花药平展而未开裂,这种平展的花部状态将整个花柱裸露出来,借助传粉昆虫的作用异花花粉较易到达柱头上从而实现异交;随着花药开裂散粉,柱头已经开始褐化逐渐失去可授性。因而,夏蜡梅和光叶红蜡梅花均存在一定雌雄功能的时空分离(即雌雄异位和雌雄异熟),利于异交。而发育后期,花药合拢,包围花柱,有利于自花花粉借助于传粉媒介到达柱头上,但此时柱头已经逐渐失去可授性,表明这可能是一种在进化过程中形成的延迟自交保障生殖成功机制的残留痕迹^[1]。

杂交育种是进行蜡梅科植物新品种选育和性状改良的重要途径,掌握夏蜡梅和光叶红蜡梅的柱头可授期及不同发育时期的可授性强弱是杂交的前提条件,将大大提高杂交的成功率。在夏蜡梅和光叶红蜡梅的花开放而花药未裂阶段柱头可授性最高(图1-D,图2-D,图3-d和图4-d),此时进行杂交授粉,异花花粉成功萌发从而完成受精作用的可能性最高。在观察过程中还发现,过早去雄将造成夏蜡梅和光叶红蜡梅花柱发育不正常。在紧蕾期(图1-A和图2-A)进行去雄,夏蜡梅和光叶红蜡梅花柱就不能继续正常生长;这可能是由于在紧蕾期柱头伸长生长还未启动或刚刚启动,去雄之后造成内部激素水平失衡而引起代谢紊乱,从而使花柱不能正常生长。因此,在进行杂交时,必须等花蕾发育到一定大小即至少到大蕾期(图1-B和图2-B)最好到松蕾期(图1-C和图2-C)再进行去雄,才能保证花柱继续正常生长,从而进行杂交。另外,经观察发现,在研究地区,夏蜡梅和光叶红蜡梅花期可遇,在自然花期下能进行人工杂交,有利于开展育种工作。

参考文献:

- [1] 张大勇. 植物生活史进化和繁殖生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
 [2] ZUFALL R A, RAUSHER M D. Genetic changes associated with floral adaptation restrict future evolutionary potential [J]. *Nature*, 2004, **428**: 847 - 850.

- [3] JOHNSON S G, DELPH L F, ELDERKIN C L. The effect of petal size manipulation on pollen removal, seed set and insect visitor behavior in *Campanula americana* [J]. *Oecologia*, 1995, **102**: 174 – 179.
- [4] THIEN L B, AZUMA H, KAWANO S. New perspective on the pollination biology of basal angiosperms [J]. *Int J Plant Sci*, 2000, **161** (supp 6): 225 – 235.
- [5] CRUDEN R W. Pollen-ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants [J]. *Evolution*, 1977, **31**: 32 – 46.
- [6] JESSON L K, BARRETT S C H. Solving the puzzle of mirror_image flowers[J]. *Nature*, 2002, **417**: 707.
- [7] HARDER L D, BARRETT S C H. Mating cost of large floral displays in hermaphrodite plants [J]. *Nature*, 1995, **373**: 512 – 515.
- [8] BARRETT S C H. Mating strategies in flowering plants: the outcrossing-selfing paradigm and beyond [J]. *Philos Trans R Soc London B Biol Sci*, 2003, **358** (1434): 991 – 1004.
- [9] MITCHELL R J, KARRON J D, HOLMQUIST K G, *et al.* The influence of *Mimulus ringens* floral display size on pollinator visitation patterns[J]. *Funct Ecol*, 2004, **18**: 116 – 121.
- [10] ZHAO Hongbo, CHEN Fadi, WANG Yanfang, *et al.* Study on pollen viability, longevity and pistil receptivity of self-compatible chrysanthemum with small inflorescences[J]. *Acta Horti*, 2008, **766**: 405 – 412.
- [11] 张若蕙, 刘洪涛, 沈湘林, 等. 世界蜡梅[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1998.
- [12] 徐耀良, 张若蕙, 周骋. 夏蜡梅的群落学研究[J]. 浙江林学院学报, 1997, **14** (4): 355 – 362.
XU Yaoliang, ZHANG Ruohui, ZHOU Cheng. Study on communities of *Calycanthus chinensis* [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1997, **14** (4): 355 – 362.
- [13] LASSEIGNE F T, FANTZ P R, RAULSTON J C, *et al.* *Sinocalycanthus raulstonii* (Calycanthaceae): a new intergeneric hybrid between *Sinocalycanthus chinensis* and *Calycanthus floridus*[J]. *HortScience*, 2001, **36**: 765 – 767.
- [14] 姚青菊, 夏冰, 任全进, 等. 夏蜡梅和美国蜡梅属间杂种的优势表现[J]. 江苏林业科技, 2007, **34** (4): 24 – 26, 35.
YAO Qingju, XIA Bing, REN Quanjin, *et al.* Heterosis of intergeneric hybrid between *Sinocalycanthus chinensis* and *Calycanthus floridus*[J]. *J Jiangsu For Sci Technol*, 2007, **34** (4): 24 – 26, 35.
- [15] 盛宁, 姚青菊, 任全进, 等. 夏蜡梅和美国蜡梅属间杂种形态与光合生理特征[J]. 浙江林学院学报, 2008, **25** (6): 728 – 732.
SHENG Ning, YAO Qingju, REN Quanjin, *et al.* Morphology and photosynthesis of an intergeneric hybrid between *Sinocalycanthus chinensis* and *Calycanthus floridus*[J]. *J Zhejiang For Coll*, 2008, **25** (6): 728 – 732.
- [16] 赵宏波, 陈发棣, 房伟民. 菊属植物花粉生活力检测方法的比较[J]. 浙江林学院学报, 2006, **23** (4): 406 – 409.
ZHAO Hongbo, CHEN Fadi, FANG Weimin. Detection methods of pollen viability of *Dendranthema* [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, **23** (4): 406 – 409.