

# 濒危植物金花茶开花物候和生殖构件特征

柴胜丰, 韦霄\*, 蒋运生, 韦记青, 蒋水元, 王满莲

(广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林 541006)

**摘要:** 对桂林雁山迁地保护的金花茶(*Camellia nitidissima*)开花物候和生殖构件特征进行了研究。结果表明:(1)单花开放过程可分为蕾松、初开、盛开、落花4个阶段,单花寿命约2~8 d;(2)个体花期长,始花时间变异大,单株花期平均为37 d,始花时间可相差2个多月,种群始花时间为1月上旬,3月上旬达到开花高峰期,花期持续近3个月;(3)生殖构件的数量与个体径级和树冠层次有一定关系,地径大于6 cm的个体,其单株花数、生殖枝数、生殖枝比率显著高于地径小于4 cm和4~6 cm个体,而每生殖枝花数则无显著差异;不同树冠层次之间,平均生殖枝数和生殖枝比率,以中、下层显著高于上层,而每生殖枝花数以上层最高,花数在不同冠层之间无显著差异;(4)花芽期败育率为16.33%,花期败育率为63.05%,果期败育率为44.09%,败育率在不同径级个体和不同冠层之间有一定差异;败育率高,结实率低,种子产量少,是金花茶濒危的一个主要原因;(5)开花数目与花期长度呈正相关,个体始花时间与花期长度、座果率之间存在显著的负相关关系。

**关键词:** 濒危植物; 金花茶; 开花物候; 生殖构件

中图分类号: Q948.112.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2009)01-0005-07

## The Flowering Phenology and Characteristics of Reproductive Modules of Endangered Plant *Camellia nitidissima*

CHAI Sheng-feng, WEI Xiao\*, JIANG Yun-sheng, WEI Ji-qing,  
JIANG Shui-yuan, WANG Man-lian

(Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China)

**Abstract:** *Camellia nitidissima* is one of endangered plants in China. Its flowering phenology and reproductive modules features of *ex situ* conservation in Guilin were investigated. The results showed that flowering process could be divided into four stages, such as loosing, opening, blooming and falling. The single flower life ranged from 2 to 8 days. The average blooming period of individuals was 37 days. The initial time of flowering in individuals showed great variability about more than two months. The initial time of flowering in population was in early January, and reached peak at early March, its blooming period lasted nearly 3 months. The number of reproductive modules related to plant diameter class and the layer of crown. The number of flowers and reproductive branches, ratio of reproductive branch of plant diameter >6 cm were significantly higher than those of plant diameter <4 cm and 4~6 cm, but no significant difference in flower number per reproductive branch. In different crown layers, the middle and lower layer were significantly higher than upper layer in number of reproductive branches and reproductive branch ratio, however, flower number per reproductive branch in upper layer was the biggest, and the number of flowers showed no significant difference. The abortive rate at bud stage, flowering stage, fruit stage were 16.33%, 63.05% and 44.09%, respectively, and they were differences among different plant diameter classes and crown layers. The high abortive rate lead to low setting and seed yield, it is one of reasons to make *C. nitidissima* endangered. Number of flowers was positively correlated with blooming

收稿日期: 2008-01-22 接受日期: 2008-04-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(30560015); 广西科技攻关项目(桂科攻0718002-3-7); 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目(科发人教字[2006]378号); 广西自然科学基金项目(桂科基0832225)资助

\* 通讯作者 Corresponding author

period and initial time of flowering was negatively correlated with blooming period and fruit setting.

**Key words:** Endangered plant; *Camellia nitidissima*; Flowering phenology; Reproductive modules

开花物候是植物重要的生活史特征之一,它主要用于研究植物开花式样和非生物因子间的关系以及植物开花的遗传基础和自然选择,探讨其适应意义<sup>[1]</sup>。植物开花物候对其生殖成功有重要影响<sup>[2]</sup>。在多年生多次结实的乔木树种的生活史中,植物的生殖年龄、生殖频度等是重要的有性生殖特征,花、花序、果实和种子以及着生这些器官的生殖枝可称之为生殖构件,它在植冠中的分化、生长和分布以及枝系间关系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<sup>[3-4]</sup>。

金花茶(*Camellia nitidissima*)是山茶科(Theaceae)山茶属植物,为常绿灌木或小乔木。金花茶不但以其金黄色半透明腊质状的花瓣著称于世,而且是培育杂交茶花优良品种的种质资源,具有极高的观赏和科研价值,被誉为“茶族皇后”和植物界的“大熊猫”<sup>[5]</sup>,已列入国家一级保护植物<sup>[6]</sup>。它主要分布于我国的广西南部 and 越南北部,在广西间断分布于十万大山东南面的防城和南宁富庶乡、隆安和扶绥三地交界地区<sup>[7]</sup>。目前在金花茶居群生物学、形态解剖学、细胞学、保护遗传学、引种栽培及繁殖等方面进行了研究<sup>[8-13]</sup>,但对金花茶物候特征研究较少,对其生殖构件特征的研究还未见报道。为此,本文对迁地保护的金花茶开花物候和生殖特性进行观察研究,为金花茶的引种栽培和迁地保护研究提供理论依据,为濒危植物金花茶的生殖生态和濒危机制研究提供参考。

## 1 研究地自然概况

研究地为广西植物研究所的金花茶种质圃,位于25°11'N,110°12'E,海拔高度178 m,属中亚热带季风气候区,年均气温19.2℃,最热月均温28.4℃,最冷月均温7.7℃,绝对高温40℃,绝对低温-6℃,冬季有霜冻,月平均气温高于20℃的有6~7个月,≥10℃的年积温为5 955.3℃。年降雨量1 854.8 mm,多集中于4~8月,占全年的73%,年均蒸发量1 461 mm,年相对湿度78.0%,干湿季明显,年日照时数约1 550 h,有霜日9~24 d。土壤为砂页岩及第四纪红土发育的酸性土壤,pH值4.7~6.0,质地为粘土<sup>[12]</sup>。该种质圃上层树种有枫香(*Liquidambar acalycina*)、樟树(*Cinnamomum*

*camphora*)、榔榆(*Ulmus parvifolia*)、泡桐(*Paulownia fortunei*)、马尾松(*Pinus massoniana*)等高大乔木,林下荫蔽度较好,适宜金花茶生长。金花茶为实生树,为广西防城、邕宁等县(市)的野生个体移植材料或种子繁殖材料,树龄为10~40 a,生长良好,能正常发育并开花结实。

## 2 研究方法

参照 Dafni<sup>[14]</sup>的方法,于2006年7月~2007年10月,对金花茶(*Camellia nitidissima*)的开花物候从单花、个体、群体3个水平进行观察,并对生殖构件的数量和败育情况随个体径级和冠层的变化进行了调查。

### 2.1 单花开花动态

在花蕾期,标记5株植株,每株标记5个花蕾,每3~4 d观察1次,直至花朵开放。花朵开放当天,每隔2~3 h观察1次。此后,每天观察1次,直至花朵脱落。观测记录花朵开放、花瓣伸展、花粉散出、柱头接受花粉、花瓣和花丝脱落的时间,以及花朵的形状、大小、颜色及其时空动态。

### 2.2 开花物候

观察和统计始花时间、开花高峰期、持续时间和终花期。在花蕾期,标记30株不同地径的金花茶进行个体水平的比较和统计分析,以平均值计算,其中始花日期为单株开花数达5%的开花日期,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。在进行群体水平的统计分析时,还参考圃中其它植株的开花进程,以5%个体开花视为始花,50%个体达到开花高峰期视为种群开花高峰期,95%的植株开花结束时视为种群花期结束。始花日期的统计参考 Pickering<sup>[15]</sup>的方法:在本文中以2007年1月1日为第1天(计为1),1月2日为第2天(计为2),依次类推。

### 2.3 生殖构件分布和败育

随机调查100条生殖枝,统计花芽在不同梢龄和腋位的分布情况。在标记的30株金花茶个体上,分上、中、下3层,于2006年9月调查其总枝条数、生殖枝数、花芽数。并于植株的不同冠层标记20朵花,记录开花动态和生殖构件败育率(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),于2007年10月统计植株上成熟果实数。并分析金花茶生殖构件数量和败育率与个体径级和冠层的关系。

## 2.4 数据分析

对金花茶个体始花时间、花期长度、开花数目、座果率之间作相关性分析,以考察物候指数和生殖成功的相关性。所有数据的统计分析均用 SPSS 13.0 进行,并用 Excel 2003 作图。

## 3 结果和分析

### 3.1 单花开花进程

金花茶实生苗一般在树龄达 8 a 左右开始开花,一年开花一次。于 6 月下旬现蕾,其间需长达 5 个多月的孕蕾期,花朵在前期发育很慢,到了 12 月初以后才加快膨大,于 12 月底开始开放。

金花茶为两性花植物,单花开放过程可分为蕾松、初开、盛开、落花 4 个阶段。花朵开放时,首先花蕾开始膨大,原来紧紧包裹的花瓣开始逐渐松开,外部花瓣尖端反卷,但尚未裂开,此为蕾松阶段;花瓣继续松动,花蕾顶端裂开,出现“小口”并可看到雄蕊,花型呈盂状,此为初开阶段;花朵继续开放,花瓣向外伸展,花型呈碗状,此为盛花阶段;花瓣顶端萎蔫,花朵开始凋落,花瓣连同花丝一同脱落,萼片宿存并包裹子房,柱头外露,此为落花阶段。花朵开放时,一般开口朝下,无香味,花瓣基部有分泌物,柱头埋于花药中或略微高出花药,花柱和花丝在花期伸长不明显。部分花药于开花前即已开裂散粉,开花后 12 h 全部花药散粉,1 d 后达到散粉盛期,2~3 d 后进入散粉末期,花药呈干

瘪状,上面只有少量花粉附着。开花前花柱顶端弯曲于花瓣内,开花后花柱伸直,柱头能分泌粘液,于开花后 1~2 d 吸附花粉,此后逐渐发褐萎蔫。

金花茶花朵全天都可开放,但以晴天清晨开放居多。单花开放时间 2~8 d 不等,变化较大,以 3~6 d 居多,占 80.5%(图 1)。单花寿命受温度和光照影响较大,在低温的阴天,植株新陈代谢不旺盛,花朵开放时间较长,在高温晴天,其开放时间相应缩短。

### 3.2 开花物候

金花茶单株始花时间变异较大,2006 年 12 月底个别植株开花,2007 年 1 月上旬至 2 月上旬开花植株较多,至 3 月中旬仍有少量植株开花,始花时间可相差 2 个多月。单株花期为 25~56 d,平均 37 d,花期长度与花朵数量有关,个体花朵数量越多,则花期越长。金花茶种群始花时间为 1 月 10 日,53 d (即 3 月 5 日)后进入盛花期,4 月 3 日进入终花期,花期持续时间为 84 d。

### 3.3 生殖构件的分布

#### 3.3.1 不同枝龄和腋位花芽分布

金花茶花芽主要着生于 1 a 生枝,占总花芽数的 76.4%,少量着生于 2 a 生枝,极少数着生在 3 a 生和 4 a 生枝条上(图 2A),花芽常单生,亦有成对着生和 3 朵着生的。每年新生枝条的 6 个腋位上都有花芽分布,主要着生于第 3 和第 4 腋位,占总花芽数的 54.6%(图 2B)。

#### 3.3.2 不同径级植株生殖构件的分布

金花茶生殖周期从前一年的 6 月到第二年的 11 月共 17 个月,生殖交错期 5 个月。生殖构件数量与个体径级密切相关,随着生殖个体径级的增大而增加。当个体地径为 2.5~3.0 cm 时,即可开花结果。依据观测结果,将金花茶植株分成 3 个径级,分别为地径小于 4 cm、4~6 cm、大于 6 cm。从不同径级植株来看,地径大于 6 cm 的个体,其花数和生殖枝数显著高于地径小于 4 cm 和 4~6 cm 的个体,每生殖枝的花数在不同径级个体间无显著差异,地径大于 6 cm 个体的生殖枝比率为 0.59,显著高于另两个径级的个体(表 2)。地径小于 6 cm 的个体,虽然植株已进入生殖期,但此时仍然要进行营养生长,用于生殖的物质和能量减少了,地径超过 6 cm 后,其营养生长已基本停止,进入生殖生长盛期,其生殖构件数量达到最大值。

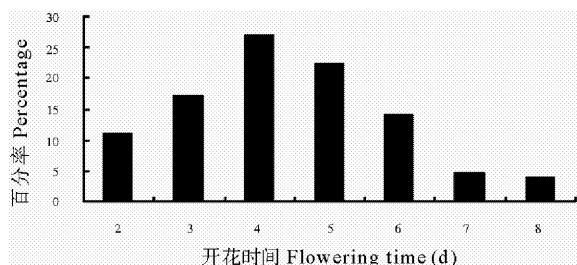


图1 金花茶单花开花时间的分布

Fig. 1 The distribution of flowering time of individual flower of *Camellia nitidissima*

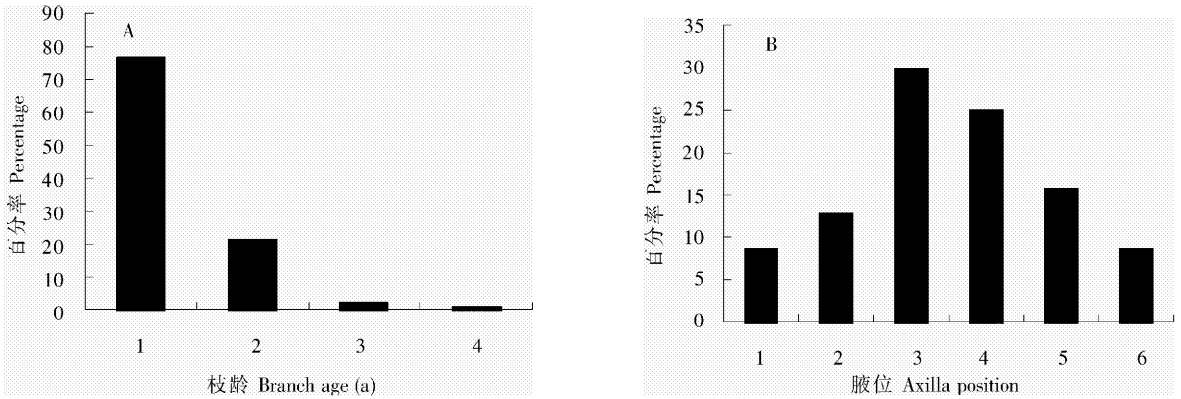


图 2 不同枝龄(A)和腋位(B)的花芽分布

Fig. 2 Distribution of buds in different branch age (A) and axilla position (B)

表 2 不同径级生殖构件的分布

Table 2 Distribution of reproductive modules in different diameter class plant

	径级 Diameter class (cm)		
	<4	4~6	>6
花数 Number of flower	119.24b	149.14b	315.65a
生殖枝数 Number of reproductive branch	60.73b	82.71b	181.51a
每生殖枝花数 Flower number per reproductive branch	1.93a	1.81a	1.82a
生殖枝比率 Ratio of reproductive branch	0.38b	0.32b	0.59a

同行数据后不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ ), 下同。Data followed different letters within the same line present significant difference at 0.05 level. The same as below.

表 3 不同冠层生殖构件的分布

Table 3 Distribution of reproductive modules in different crown layer

	冠层 Crown layer		
	上层 Upper	中层 Middle	下层 Lower
花数 Number of flower	42.08a	45.77a	48.00a
生殖枝数 Number of reproductive branch	19.23b	29.31a	26.15a
每生殖枝花数 Flower number per reproductive branch	2.08a	1.721b	1.87ab
生殖枝比率 Ratio of reproductive branch	0.21b	0.41a	0.49a

### 3.3.3 不同冠层生殖构件的分布

金花茶生殖构件在个体不同冠层之间有一定差异。生殖枝数和生殖枝比率,中、下层显著高于上层,而每生殖枝花数以上层最高,达到 2.08 个,个体花数则在不同冠层之间无显著差异(表 3)。

### 3.4 生殖构件的败育

金花茶花芽期败育率为 16.33%,花期败育率为 63.05%,果期败育率为 44.09%。不同径级的个体,芽期败育率并无显著差异,而花期和果期败育率,地径大于 6 cm 的个体显著低于其它径级的个体(图 3A)。个体不同冠层之间,芽期和花期败育率

无显著差异,而上层的果期败育率显著低于中层和下层的(图 3B)。

### 3.5 物候指数与生殖成功的相关性分析

金花茶个体始花时间、花期长度、开花数目、座果率之间的相关分析结果显示,开花数目和花期长度之间存在显著的正相关关系( $r^2 = 0.652$ ,  $P < 0.05$ ),即个体开花数越多,其花期越长;个体始时间与花期长度、座果率之间存在显著的负相关关系( $r^2 = -0.667$ ,  $P < 0.01$ ;  $r^2 = -0.535$ ,  $P < 0.05$ ),说明金花茶个体开花时间越早,其花期越长,座果率越高。

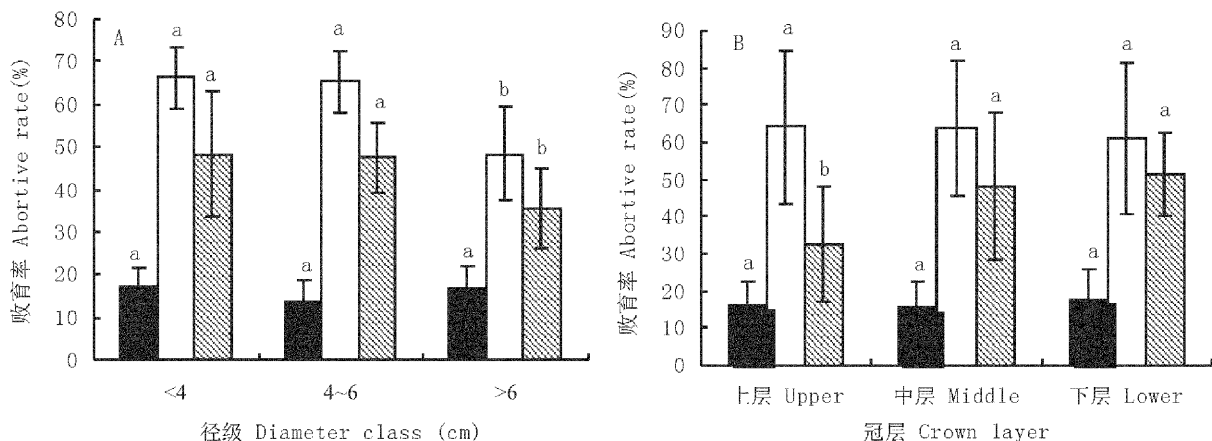


图3 不同径级(A)和冠层(B)生殖构件的败育率

Fig. 3 Abortive rate of reproductive modules in different diameter class (A) and crown layer (B)

■ 芽期 Bud; □ 花期 Flowering; ▨ 果期 Fruit.

## 4 讨论

### 4.1 开花物候特点及其影响因子

有研究表明,开花物候不仅与植物类群的系统发生(常为属内)及遗传特性有关<sup>[16]</sup>,还与环境条件(如纬度、海拔、光照、温度和湿度等)有密切的联系<sup>[2,17]</sup>。金花茶长期生长在高温多湿的热带季雨林或热带沟谷雨林的森林环境下,形成了喜热好湿的遗传特性,对热量和水分要求较高,引种到桂林雁山后,其水热条件比原产地要差,花期比原产地推迟 40 d<sup>[8]</sup>。金花茶单花寿命不稳定,约为 2~8 d,这可能与开花期间环境条件的影响有关,低温阴天,单花寿命较长;大雨天气,则单花寿命大大缩短。金花茶单株始花日期变异较大,受其自身遗传影响,亦与其自身生长有关,若个体枝繁叶茂,营养生长旺盛,则其开花时间相应提早,相反则其开花时间推迟。金花茶从始花期到盛花期约两个月,而盛花期到终花期只有 1 个月,说明其前期开花速度较慢,而后期开花速度加快。这可能与温度有关,开花前期为 1~2 月份,气温较低,开花较慢,而后期,随着温度的升高,其开花速度加快。由此可见,温度和遗传因子是影响金花茶开花物候的主要因子。

研究结果显示,个体始花早的比始花迟的具有更长的花期;而拥有大量花数的个体也比仅有少量花的花期要长,这与其他研究结果一致<sup>[18-19]</sup>。

### 4.2 生殖构件的分布

每种植物的生殖构件都有一定的分布格局和数量变化动态<sup>[9]</sup>。近年来的研究指出,不少物种枝系构件的自主性较强,生殖枝开花或结实的多少与

其本身的同化能力以及对植株内营养物质的获取和要求有关<sup>[20]</sup>。

金花茶作为一种木本植物,在经历了幼年期营养生长和营养物质的积累以后,当营养生长达到一定程度时才开始花芽分化,这时从营养生长转入生殖生长,一般树龄为 6~8 a,地径 2.5~3.0 cm,即可开花结实。金花茶花芽主要集中于 1 a 生枝,亦即枝的顶端。金花茶为阴生植物,但并非不需要任何光照,尤其花芽分化更需要一定的光周期刺激。顶部 1 a 生枝处于树冠外围,光照较好,枝条生长旺盛,叶片同化作用强,净光合速率大,积累的营养物质多,因而枝条用于生殖的投资大于 2、3 a 枝或内堂枝(冠层中轴枝)。

对不同径级的金花茶单株花数和生殖枝数量的比较表明:地径大于 6 cm 的个体显著高于地径小于 4 cm 和 4~6 cm 的个体,而后两者之间则无显著差异。这说明,生殖构件数量与金花茶生殖个体所处的生长阶段有关。地径小于 6 cm 时,金花茶主要进行高生长和径生长,其生殖枝数量少,大部分枝条仍为营养枝,以维持其旺盛的生长,抢占群落上层空间,克服种内资源的竞争。当地径达到 6 cm 后,金花茶由营养生长为主转向生殖生长为主,其生殖构件数量达到最大值,这与对栲树(*Castanopsis fargesii*)的研究结果一致<sup>[21]</sup>。

金花茶个体不同冠层之间,生殖枝数量和生殖枝比率以中、下层显著高于上层,每生殖枝花数则以上层最高。原因之一是生殖与营养的竞争所致,树冠上层枝条高生长旺盛,尤其顶芽的生长更为迅速,顶端叶片光合同化物质多向顶芽输送,生殖枝数量由此受到影响,而每生殖枝花数由于生殖枝旺

盛的生长而高于中、下层。

在调查中发现,有的植株已进入生殖期,但其植株上并无花和果,生殖构件在不同年份间的差异还有待进一步研究。

#### 4.3 生殖构件的败育

金花茶花期败育率和果期败育率高(63.05%和44.09%),致使其最终结实率低,约为15%。从植物体内在发育生长机制分析,资源限制假说认为植物体内积累的资源是有限的,因此,首先要依赖于生境条件能否提供足够的物质资源;其次,植物在生长过程中资源必须分配营养生长和生殖生长两个方面,过多的花可能导致它们之间对资源的竞争,必然有一部分生殖器官不能正常发育;与此相关的选择败育假说认为,尽管传粉成功并且幼果可以正常发育,但由于果实和种子成熟花费亲本很大代价,因此植物也要有选择地败育一部分果实,从而确保植物生产足够多的高品质果实<sup>[22-23]</sup>。结实率低、种子产量少是许多植物濒危的主要原因<sup>[24-26]</sup>。金花茶结实率低,种子产量少,且种子受鼠类、鸟类啃食严重,导致其繁殖力低,这是金花茶濒危的一个主要原因。

金花茶花朵败育率与个体径级、树冠层次有一定关系。地径大于6 cm个体,其花期败育率和果期败育率显著低于地径小于4 cm和4~6 cm的个体,这是由于后者积累的资源要分配给营养生长和生殖生长两方面,使得其败育率较高。不同树冠层次之间,中、下层果期败育率显著高于上层,这可能是由于树冠上层光照较好,同化作用较强,积累的同化物质较多,因而用于生殖的投资高于中下层。金花茶个体开花前光合有机物的积累也将直接影响到个体生殖构件的发育状况,且随着生殖构件发育,开花、结果数的增加,个体积累的有效资源也不断被消耗,因而可能导致后期败育率升高。

#### 4.4 座果率及其与开花物候的关系

花多果少是植物的普遍现象,植物座果率低的原因可能受资源限制或(和)花粉限制<sup>[27]</sup>。植物的开花时间可以在多方面强烈影响其生殖成功<sup>[2]</sup>。这种影响可能是个体水平上的(如过于幼小的植物体不具备足够的储存资源以保证果实成熟)、种群水平上的(如植物花期异步性,导致雄花缺乏)、物种间的(如植物在“不合适”的时间开花,导致没有传粉昆虫访问)因素造成的。分析开花物候、结果

和种子产量之间,个体大小和生长之间的关系,以及这些关系中的时空变异水平可以揭示影响植物开花演化的选择压力<sup>[19]</sup>。

金花茶个体始花时间、开花数、花期与座果率的相关性表明,开花数、花期与座果率并无相关关系,而始时间与座果率呈负相关关系,即开花时间越早,座果率越高。此与长柄双花木(*Disanthus cercidifolius* var. *longipes*)<sup>[19]</sup>和蒙古沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)<sup>[17]</sup>的研究结果相似。然而这两种植物均为“大量、集中开花模式”,开花数量大,开花早有利于吸引更多的传粉者,从而达到生殖成功<sup>[19]</sup>。金花茶花期长,且开花同步性低,出现开花时间越早,座果率越高的原因还有待进一步研究。

传粉方式是物种生殖过程中重要的进化特征,植物传粉系统有3个组成部分:花粉、柱头和传粉媒介<sup>[28]</sup>。金花茶的传粉生物学特征仍有待于进一步的研究。

**致谢** 广西植物研究所赵瑞峰研究员对本实验进行了指导,并对文章进行了仔细修改,特此致谢。

#### 参考文献

- [1] Ollerton J, Lack A. Flowering phenology: An example of relaxation of natural selection [J]. *Trend Ecol Evol*, 1992, 7: 274-276.
- [2] Rathcke B, Lacey E P. Phenological patterns of terrestrial plants [J]. *Ann Rev Ecol Syst*, 1985, 16: 179-214.
- [3] Lovett D J. Experimental manipulation of patterns of resource allocation in the growth cycle and reproduction of *Smyrniun olusatrum* L. [J]. *Biol J Linn Soc*, 1980, 13: 155-166.
- [4] Zu Y G(祖元刚), Mao Z J(毛子军), Yuan X Y(袁晓颖), et al. The blooming and production of reproductive modules in relation to tree age and their position within crowns in *Betula platyphylla* [J]. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 2000, 20(4): 673-677. (in Chinese)
- [5] Wei X(韦霄), Jiang S Y(蒋水元), Jiang Y S(蒋运生), et al. Research progress of *Camellia nitidissima*, a rare and endangered plant [J]. *J Fujian For Sci Techn(福建林业科技)*, 2006, 33(3): 169-174. (in Chinese)
- [6] Fu L G(傅立国). *Plants Red Book of China Rare Endangered Plants* [M]. Beijing: Science Press, 1992: 648. (in Chinese)
- [7] Su Z M(苏宗明), Mo X L(莫新礼). Geographic distribution of Sect. *Chrysanthia* plants in China [J]. *Guihaia(广西植物)*, 1988, 8(1): 75-81. (in Chinese)
- [8] Wei X(韦霄), Jiang Y S(蒋运生), Wei J Q(韦记青), et al. Investigation on the geographical distribution and habitat of *Camellia nitidissima* [J]. *Ecol Environ(生态环境)*, 2007, 16(3): 895-899. (in Chinese)
- [9] Wang R X(王任翔), Hu C H(胡长华), Liang Q H(梁倩华), et al. The pollen of Sect. *Chrysanthia* plants studied by scanning electron

- microscope (I) [J]. *Guihaia*(广西植物), 1997, 17(3): 242–245.(in Chinese)
- [10] Li F Y(李凤英), Wang Y G(王玉国), Tang S Q(唐绍清). Characters of leaf epidermis in section *Chrysantha* series *Chrysantha* (Theaceae, *Camellia*) and their systematic significance [J]. *J Guangxi Norm Univ*(广西师范大学学报), 2001, 19(4): 75–79.(in Chinese)
- [11] Bin X Y(宾晓芸), Tang S Q(唐绍清), Zhou J Y(周俊亚), et al. ISSR analysis on genetic diversity of *Camellia nitidissima* Chi (Theaceae) in China [J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), 2005, 23(1): 20–26.(in Chinese)
- [12] Wei X(韦霄), Wei J Q(韦记青), Jiang S Y(蒋水元), et al. Genetic diversity evaluation of ex-situ populations of *Camellia nitidissima*, detected by ISSR markers [J]. *Guihaia*(广西植物), 2005, 25(3): 215–218.(in Chinese)
- [13] Zhang Z X(张宗享), Huang Q B(黄启斌). Propagation of *Camellia nitidissima* [J]. *Guihaia*(广西植物), 1981, 1(2): 34–39.(in Chinese)
- [14] Dafni A. Pollination Ecology, A Practical Approach [M]. New York: Oxford University Press, 1992: 1–57.
- [15] Pickering C M. Variation in flowering parameters within and among five species of Australian Alpine *Ranunculus* [J]. *Austr J Bot*, 1995, 43: 103–112.
- [16] Ollerton J, Diaz A. Evidence for stabilizing selection acting on flowering time in *Arum maculatum* (Araceae): The influence of phylogeny on adaption [J]. *Oecologia*, 1999, 119: 340–348.
- [17] Li X R(李新蓉), Tan D Y(谭敦炎), Guo J(郭江). Comparison of flowering phenology of two species of *Ammopiptanthus* (Fabaceae) under ex situ conservation in the Turpan Eremophytes Botanical Garden, Xinjiang [J]. *Biodiv Sci*(生物多样性), 2006, 14(3): 241–249.(in Chinese)
- [18] Dieringer G. Variation in individual flowering time and reproductive success of *Agalinis strictifolia* (Scrophulariaceae) [J]. *Amer J Bot*, 1991, 78: 497–503.
- [19] Xiao Y A(肖宜安), He P(何平), Li X P(李小平). The flowering phenology and reproductive features of the endangered plant *Disanthus cercidifolius* var. *longipes* H. T. Chang (Hamamelidaceae) [J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 2004, 24(1): 14–21.(in Chinese)
- [20] Bian C M(边才苗), Jin Z X(金则新), Li J M(李钧敏). Characteristics of reproductive modules of endangered *Heptacodium miconioides* [J]. *Acta Bot Boreal-Occid Sin*(西北植物学报), 2005, 25(4): 756–760.(in Chinese)
- [21] Chen B(陈波), Da L J(达良俊), Song Y C(宋永昌). Flowering phenology and floral distribution of *Castanopsis fargesii* in Tiantong, Zhejiang Province [J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 2003, 27(2): 249–255.(in Chinese)
- [22] Sutherland S. Patterns of fruit-set: What controls fruit-flower ratios in plants? [J] *Evolution*, 1986, 40(1): 117–128.
- [23] Chen B(陈波), Song Y C(宋永昌), Da L J(达良俊). Study on reproductive unit size and reproductive modules of *Castanopsis fargesii* in Tiantong National Forest Park, Zhejiang Province [J]. *Bull Bot Res*(植物研究), 2004, 24(1): 80–85.(in Chinese)
- [24] Zhang F(张峰). The endangered causes of *Paeonia suffruticosa* var. *spontanes*, an endemic to China [J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 2003, 23(7): 1436–1441.(in Chinese)
- [25] Ru W M(茹文明), Zhang J T(张金屯), Zhang F(张峰), et al. Eco-environmental characteristics and endangered causes of *Taxus mairei*, an endemic to China [J]. *Bull Bot Res*(植物研究), 2006, 26(5): 624–628.(in Chinese)
- [26] Shanguan T L(上官铁梁), Zhang F(张峰). The endangered causes of *Elaeagnus mollis*, an endemic to China [J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 2001, 21(3): 502–505.(in Chinese)
- [27] Cao G X(操国兴), Zhong Z C(钟章成), Xie D T(谢德体), et al. The relationship between reproductive allocation, fruit set and individual size of *Camellia rosthorniana* in different communities [J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 2005, 29(3): 361–366.(in Chinese)
- [28] Huang S Q(黄双全), Guo Y H(郭友好), Pan Q M(潘明清), et al. Floral syndrome and insect pollination of *Liriodendron chinense* [J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), 1999, 41: 241–248.(in Chinese)