

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201308009

钱一凡,黎云祥,陈兰英,等. 深山含笑传粉生物学研究[J]. 广西植物,2015,35(1):36-41

Qian YF, Li YX, Chen LY, et al. Pollination biology of *Michelia maudiae*[J]. *Guihaia*, 2015, 35(1):36-41

深山含笑传粉生物学研究

钱一凡, 黎云祥, 陈兰英, 黄福硕, 权秋梅*

(西华师范大学 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 四川 南充 637009)

摘要: 为明确深山含笑(*Michelia maudiae*)的传粉生物学特性, 该文以西华师范大学校园内的深山含笑为研究材料, 采取野外观察法记录了深山含笑的开花动态、访花者及访花频率; 用游标卡尺法, 测定了深山含笑的异交指数(OCI); 用醋酸洋红法, 测定了花粉胚珠比(P/O); 用套袋和人工授粉法, 测定了深山含笑的繁育系统。结果表明: (1) 深山含笑为早春开花植物, 其种群花期为2~3月, 持续30 d左右, 单花花期5~6 d; 在单花开放初期, 最内层的花瓣未绽开, 是适应潮湿或多雨的环境而保护花药与柱头免受雨水的冲刷, 提高雌雄性适合度, 确保繁殖成功的一种策略; (2) 深山含笑的有效传粉者为蜜蜂, 访花时间集中在晴朗天气的中午; (3) 深山含笑的异交指数(OCI)等于5, 花粉胚珠比(P/O)为 $2\ 933 \pm 50$; (4) 深山含笑为雄蕊先熟, 柱头可授性在开花第2~3天达到最高; (5) 套袋和人工授粉表明深山含笑为兼性自交和异交授粉, 其中异交授粉的座果率和结籽率显著高于自交授粉。早春开花的深山含笑, 其传粉者为单一的蜜蜂, 繁育系统为异交, 部分自交亲和, 结果为引种栽培、良种选育等提供依据更好地利用和保护此资源奠定基础。

关键词: 深山含笑; 花部综合征; 繁育系统; 传粉生物学

中图分类号: Q944.42 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2015)01-0036-06

Pollination biology of *Michelia maudiae*

QIAN Yi-Fan, LI Yun-Xiang, CHEN Lan-Ying,

HUANG Fu-Shuo, QUAN Qiu-Mei*

(Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation, China West Normal University, Nanchong 637009, China)

Abstract: To study the pollination biology of *Michelia maudiae*, and provide theory basis for cultivation and artificial cross breeding of *M. maudiae*, the *M. maudiae* was studied in this paper which was grown in China West Normal University. The flowering dynamic, the visitors of flowers and the visitation frequency were recorded by field observations. The outcrossing index(OCI) was determined by vernier caliper. P/O was estimated by aceto carmine method. The breeding system was tested by the bagged and artificial pollination experiments. The results were as follows: (1) The *M. maudiae* was flowering in early spring, the flowering span of the population and single flowering was approximately 30 d and 5-6 d, respectively. In the early period of single flowering, the inner petals did not open. It aimed at adapting to the wet or rainy environment in order to protect anthers and stigmas from rain erosion, which was the strategy that improved the female and male fitness as well as ensures the reproductive success; (2) The bee was the effective pollinator of *M. maudiae*, which was visited in the sunny weather at noon; (3) The outcrossing index(OCI) and the pollen-ovule ratio (P/O) was 5 and $2\ 933 \pm 50$, respectively; (4) *M. maudiae* was protandrous, which stigma receptivity reached the highest vitality during the flowering period of the 2nd or 3rd day; (5) The bagged and artificial pollination experiments showed that *M. maudiae* could be self-pollination and cross-pollination, and fruit-set and

收稿日期: 2014-02-07 修回日期: 2014-06-29

基金项目: 教育部重点实验室开放基金(西南野生动植物保护)(XNYB09-04); 西华师范大学科研启动项目(11B016)。

作者简介: 钱一凡(1986-), 男, 陕西旬阳人, 硕士研究生, 主要从事生殖生态学研究, (E-mail)qianyifanfrl@163.com。

*通讯作者: 权秋梅, 博士, 讲师, 主要从事生殖生态学和传粉生物学研究, (E-mail)meimeiq@163.com。

the seed-set of cross-pollination were significantly higher than the self-pollination. In conclusion, *M. maudiae* was an early spring flowering plant, bee was only the pollinator, the breeding system of *M. maudiae* was outcrossing which was partly self-compatible. The results could promote for using and protection the resources of *M. maudiae*.

Key words: *Michelia maudiae*; floral syndrome; breeding system; pollination biology

深山含笑(*Michelia maudiae*)为木兰科(Magnoliaceae)含笑属(*Michelia*)常绿乔木,又名光叶白兰、莫氏含笑。原产于我国江西、浙江、湖南、广东、广西、贵州、福建等地(刘玉壶,1984)。因其木材纹理直,结构细,易加工,可供家具、板料等用材;另外,从其叶和花中提取的挥发油,可用于香料和药物的生产(孙凌峰等,1991;熊雄等,2010)。又因其花色洁白如玉,馥郁流香,树姿优美,作为早春优良的芳香观花树种被广泛引种栽培。因此深山含笑具有较高的经济价值和观赏价值。

20世纪80年代为我国含笑属植物研究的高峰期,主要集中在分类学方面(明军等,2004),此后深山含笑作为含笑属的主要树种在引种栽培(张都海等,2004;Sun *et al.*,2010)、环境胁迫(何开跃等,2004;李晓储,2006;许建新等,2007)以及挥发油成分(孙凌峰等,1991;操璟璟等,2007;毕慧敏等,2008;邱金芬等,2008;叶玉娟等,2009;熊雄等,2010)等方面被大量学者做了深入的研究。然而,在其传粉生物学方面的研究却相对较少,仅姜景民等(1999),胡冬南等(2002)对深山含笑的花粉萌发做了相关的研究,而对其繁育系统与传粉模式以及其与传粉者之间的相互影响等方面还未见报道。本文以深山含笑为研究材料,对其传粉生物学,如开花动态、繁育系统、有效传粉者、访花频率等方面进行了研究,以期对引种栽培和繁育深山含笑提供一些更深入的研究资料,从而为更好地利用和保护此资源奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 研究材料与地点

深山含笑花常单生于枝梢叶腋,具3片淡褐色苞片,纯白色花瓣9片,基部稍呈淡红色,花具香味。雄蕊(64±2)枚,向内弯曲簇生于雌蕊群外侧,每个雄蕊在靠近雌蕊群的一侧有2个药室,最外侧有4枚雄蕊明显长于其它雄蕊。雌蕊(30±2)枚,轮生于雌蕊群柄上,花柱尖端部分向外弯曲。

选自四川省南充市西华师范大学校园(106°04'E,30°49'N,海拔293m)栽培的深山含笑。该地处

于中亚热带湿润季风气候区,潮湿多雾。年均气温17.4℃,年均日照时数1068.0h,年均降雨量987.2mm。

1.2 研究方法

1.2.1 开花动态的观察 在2012年和2013年,分别随机选取10株深山含笑植株,每天观察并记录每株的正开放和凋谢的花朵数,计算单株花期与种群花期;另外,在盛花期时,随机标记30朵花蕾,每天观察并记录其开花状态,计算单花花期。

1.2.2 繁育系统 (1)异交指数(Outcrossing index, OCI)的估算:测量花部综合特征,包括花朵直径;花药开裂时间与柱头可授期之间的时间间隔;柱头与花药的空间位,按照Dafni(1992)的标准对其进行繁育系统的描述。

(2)花粉胚珠比(Pollen-ovule ratio, P/O)的估算:随机采摘花蕾状态的15朵花,用FAA固定后带回实验室,按照Pias *et al.*(2001)和Guitian(2001)的方法来统计单花花粉粒粒数(Pias,2001)。

(3)花粉活力与柱头可授性:在盛花期,选择三种不同开放状态的花朵(状态一:大花蕾,花瓣未散开,雄蕊群未散开,花药未开裂(图1:A);状态二:最内层花瓣未散开,雄蕊群未散开,花药开裂(图1:B);状态三:花瓣全部散开,雄蕊群散开,花药开裂(图1:C))带回实验室,用解剖针将药室解剖开后,把药室内的花粉均匀地洒在载玻片上,滴一滴醋酸洋红试剂染色,用解剖针搅拌均匀后盖上盖玻片,0.5h后观察花粉活力。对所取回的三种状态的花朵的柱头进行测定。测定步骤如下:①用镊子从各个柱头群的最下端依次往上取下单个柱头;②将其放在凹玻片的凹槽中并在解剖镜下调整好视野;③滴加1滴30%的H₂O₂于凹槽中,并立即观察;④若柱头具有可授性,则柱头的过氧化物酶会与试剂发生反应生产气泡,以气泡产生的数量和速度衡量柱头活力的大小,生成气泡的数量多且生成速度快,说明柱头可授性高;反之,无气泡生成或生成的气泡数量少且速度慢,则柱头无可授性或柱头可授性很低。连续10s观察和记录视野内的气泡生成情况并记录。

(4)去雄、套袋及人工授粉试验:在2012年及

2013 年深山含笑盛花期,分别选取花蕾状态的花朵进行套袋处理。待袋内的花朵开放后再进行人工授粉处理:①自交,取已开放花朵的花粉为作为花粉供体,并授在自身柱头上,然后套袋直至花凋谢;②异交,打开袋后先去雄,用异花花粉源授到柱头上,后套袋直至花凋谢;③去雄,不套袋;④对照,不套袋,不去雄,自然传粉。4 个处理组每组 21 朵花。

1.2.3 访花昆虫的观察 在深山含笑的盛花期,随机选择开花植株进行定点观察,每次观察前统计观察视野内正在开放的花朵,以 1 h 为观察统计单元统计访花者的访花次数并计算访花频率(访花频率=视野内正开放的花朵中被访花者访花的次数/视野内正在开放花朵数),在观察时记录访花者的访花行为并对其拍照且用温度计测定整点的瞬时温度。

1.2.4 模拟淋雨实验 取 12 朵已开放花朵(最内一层花瓣未绽开,雄蕊群未散开,药室未开裂(图 1:B)直立插入盛有水的锥形瓶中,一半模拟淋雨实验 10 min(取水 10 mL),另一半做对比。淋雨后 1~2 h 后观察其花粉活力与柱头可授性。

1.3 数据分析

实验数据采用 Excel 2000 绘图,利用 SPSS 19.0 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 开花动态

深山含笑为早春开花植物,花期在 2~3 月,持续 30 d 左右,单花花期为 5~6 d。花开放过程中,3 片苞片逐渐脱落(图 1:A),然后花瓣从外向内逐次展开,最后仅留三个花瓣未散开,三个花瓣上部连接在一起,将雄蕊和柱头包裹在其中,花瓣之间有孔隙,访花昆虫能够从孔进出(图 1:B),2~3 d 后,花瓣完全散开(图 1:C)。花柱上端部分向外弯曲,成功受精的柱头由黄绿色转变为黑色。开花 4~5 d,雄蕊群和花瓣开始萎蔫并逐渐脱落(图 1:D-E)直至发育成果实。

2.2 繁育系统

2.2.1 异交指数 深山含笑的花直径为(134.34±1.83)mm,N=10,雄性先熟,其花虽为两性花,但雌雄器官存在一定的空间分离。因此,异交指数(OCD)为 5。根据 Dafni(1992)标准,其繁育系统为异交,需要传粉者。

2.2.2 花粉胚珠比(P/O) 深山含笑花粉量较大,单

花的花粉量为 1 160 793±21 241(N=15),单花的胚珠数为(397±9)枚(N=15),花粉胚珠比(P/O)为 2933±50(N=15),根据 Cruden(1977)的标准,其繁育系统为专性异交类型。

2.2.3 花粉活力与柱头可授性 深山含笑雄性先熟,花粉在花开之初就具有很高的活力,且花粉长时间保持较高活力,通过观察,深山含笑开花 1~2 d 时(即状态二)的花粉活力最高(表 1),与状态三时的花粉活力差异不显著,但却显著高于状态一的花粉活力($F_{2,207}=6.911, P=0.001$);深山含笑的柱头在花朵开放后才具有可授性,其中状态三的柱头可授性最高(表 1),花蕾状态不具有可授性。

表 1 深山含笑的花粉活力和柱头可授性

Table 1 Pollen viability and stigma receptivity of *Michelia maudiae*

开花状态 Flowering status	N	花粉活力(%) Pollen viability	柱头可授性 Stigma receptivity
状态一 Status one	69	91.94±0.45 ^b	—
状态二 Status two	69	94.06±0.41 ^a	+
状态三 Status three	69	93.49±0.39 ^a	++

注:不同字母的数值表示在 0.05 水平有显著差异;“—”表示柱头没有可授性,“+”表示柱头具有可授性,“++”表示柱头可授性强。

Note: Values with different letters are significantly different at the 0.05 level; “—” means stigmas have not receptivity, “+” means stigmas have receptivity, “++” means stigmas have high receptivity.

2.2.4 人工授粉实验结果 套袋实验结果发现,四种处理下的深山含笑均能结实。其中,经人工异交授粉处理的座果率与结籽率均显著高于其它处理(表 2);而人工自交授粉处理的座果率和结籽率与人工异交授粉的差异也极其显著(座果率: $\chi^2=10.034, df=1, N=41, P=0.002$;结籽率: $\chi^2=28.041, df=1, N=41, P=0.000$);人工自交授粉与自然授粉的座果率有差异($\chi^2=4.346, df=1, N=40, P=0.037$),但是两者之间的结籽率并无差异($\chi^2=0.922, df=1, N=40, P=0.337$);然而,将深山含笑的雄蕊群全部去除后,仍能够结实,虽然与自然条件下有相似的座果率($\chi^2=1.558, df=1, N=41, P=0.212$),但是两种处理的结籽率差异却极其显著($\chi^2=15.515, df=1, N=41, P=0.000$)。综上所述,深山含笑的繁育系统以异交为主,部分自交亲和,需要传粉者。

2.3 访花昆虫

早春开花的深山含笑访花者种类单一,仅有一种蜜蜂对其访问(图 2)。但蜜蜂的访花行为随着花的状态不同存在差异。在开花 1~2 d 内,花瓣尚未

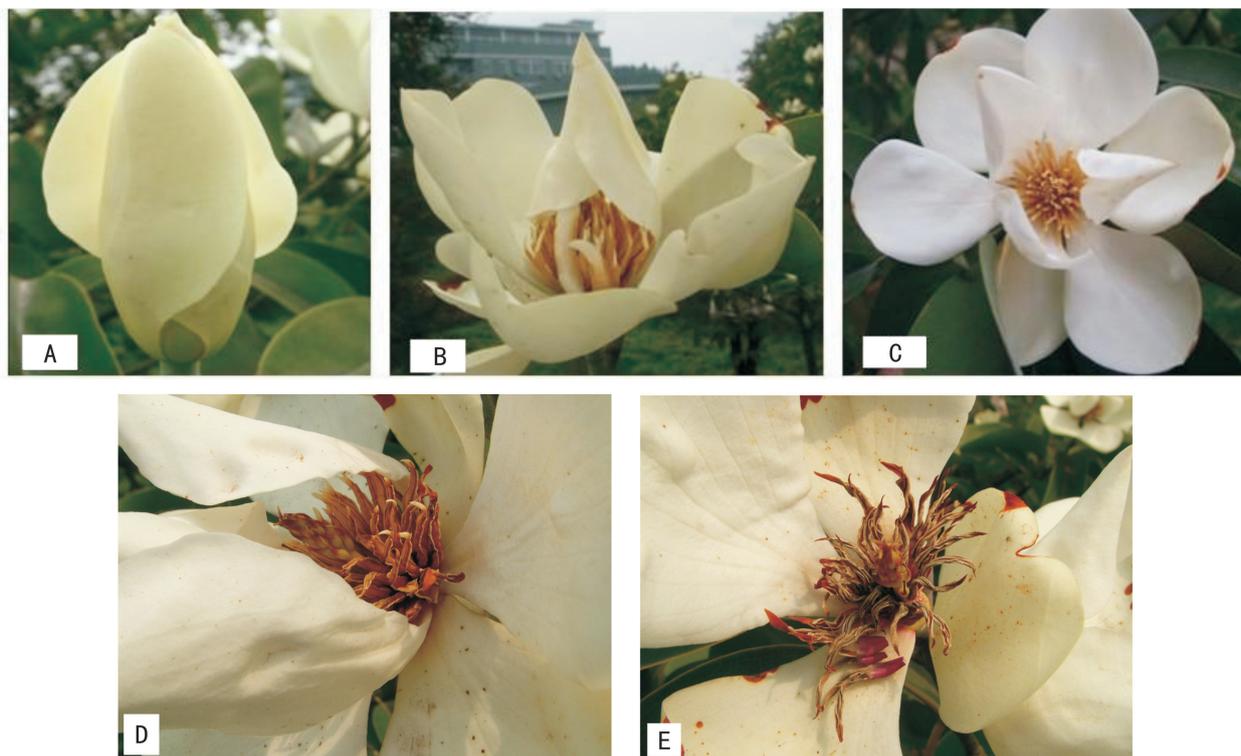


图 1 深山含笑单花开花动态 A. 花蕾; B. 最内层的三个花瓣上部连接在一起, 将雄蕊和柱头包裹在其中, 花瓣之间有孔隙; C. 完全开放; D. 开花 4~5 d, 雄蕊和花瓣开始枯萎; E. 雄蕊和花瓣开始脱落。

Fig. 1 Flowering phenology of *M. maudiae* A. Bud; B. Top of inner three petals are connected together, which wrap the stamens and stigma, and there are slots among the petals; C. Completely blooming flower; D. About 4–5 d of flowering, the stamens and petals withered; E. Stamens and petals gradually dropped.

表 2 去雄、套袋及人工授粉试验结果

Table 2 Results of emasculation, bagging and artificial pollination for *M. maudiae*

处理 Treatment	N	座果率 (%) Fruit-set ratio	χ^2	P	结籽率 (%) Seed-set ratio	χ^2	P
去雄, 套袋, 人工异交授粉 Emasculation, bagged, hand cross-pollination	21	86.34±0.82			86.62±0.79		
去雄, 套袋, 人工自交授粉 Emasculation, bagged, hand self-pollination	20	80.21±1.82	11.635	0.009	77.73±0.72	52.394	0.000
去雄, 不套袋 Emasculation, unbagged	21	81.42±1.84			68.12±1.72		
自然对照 Emasculation, unbagged, free pollination	20	84.60±1.24			78.81±0.81		

完全打开, 蜜蜂从花瓣基部的孔隙钻进花内收集花粉, 携带明显的花粉框(图 2 红色箭头指示部位), 访花顺序为自下而上, 从而完成传粉过程(图 2:A); 当花朵完全开放时, 蜜蜂会直接停留在雄蕊群上, 然后自上而下收集花粉, 在收集过程中触碰柱头而完成传粉过程(图 2:B)。然而, 其传粉过程易受到天气状况的影响, 晴天访花频率相对较高, 主要集中在中午 12:00~14:00(图 3), 雨天无访花者, 阴天偶见, 通过图 4 可以看出观察访花者时的气温变化趋势。

2.4 模拟淋雨试验的花粉活力与柱头可授性

模拟淋雨实验结果表明: 淋雨花朵的花粉活力

($\chi^2 = 68.210$, $df = 1$, $N = 138$, $P = 0.000$) 和柱头可授性与未淋雨花朵相比, 均明显下降(表 3), 说明雨水的冲刷对深山含笑的柱头可授性与花粉活力的影响非常大, 而深山含笑的花部结构对花药和柱头具有一定的保护功能。

3 讨论

根据 Dafni(1992)的标准和 Cruden(1977)的标准可知, 深山含笑为专性异交类型且需要传粉者。然而, 套袋实验却表现出自交亲和的特征, 这可能是

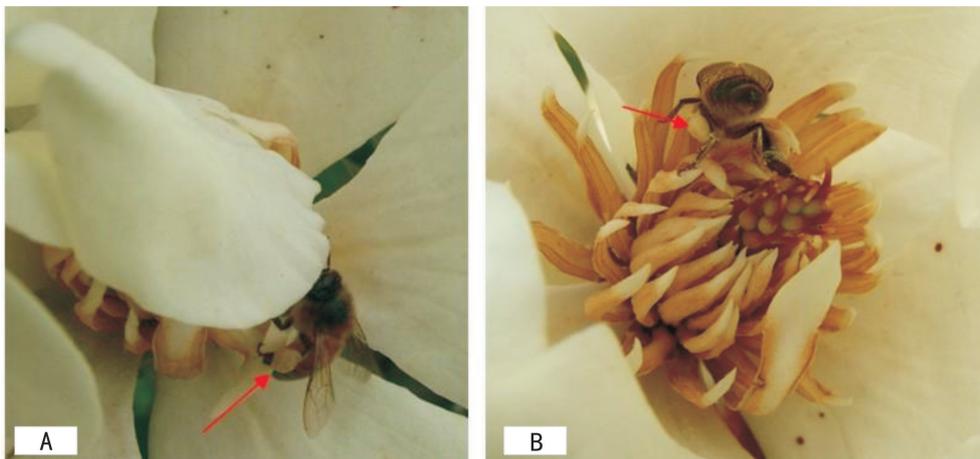


图 2 深山含笑的访花者
Fig. 2 The visitors of flowers in *M. maudiae*

表 3 深山含笑的模拟淋雨实验

Table 3 Pollen viability and stigma receptivity of *M. maudiae* with treatment of simulate raining

处理 Treatment	N	平均花粉活力 (%) Pollen viability	柱头可授性 Stigma receptivity
淋雨 Treatment of simulate raining	69	84.13±0.71	+
自然对照 Control	69	93.27±0.41	++

注：“+”表示柱头具有可授性；“++”表示柱头可授性强。
Note: “+” means stigmas have receptivity; “++” means stigmas have high receptivity.

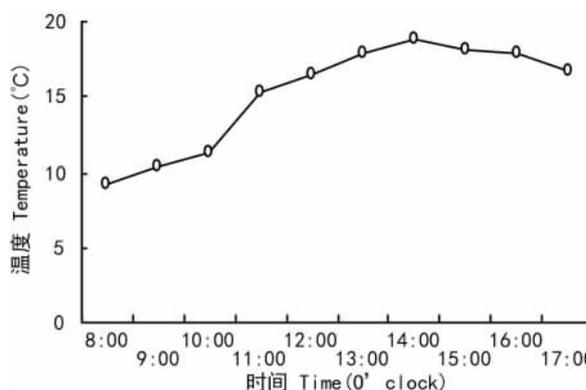


图 4 气温变化趋势图
Fig. 4 Changing trend of temperature

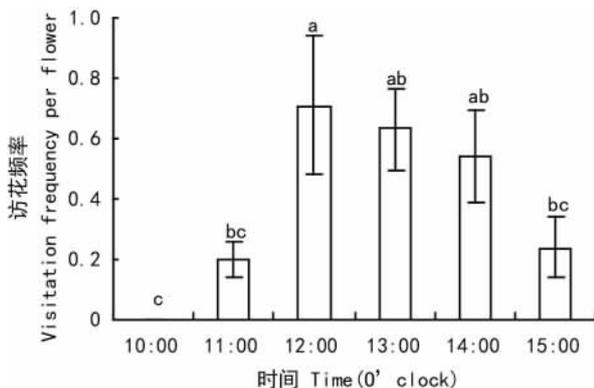


图 3 深山含笑的传粉者访花频率
Fig. 3 Visitation frequency of pollinators with *M. maudiae*

异源花粉的传播受到限制造成的。大多数的被子植物都是雌雄同体的，而其中的很大一部分都是自交亲和的，具有潜在的自交能力 (Bertin, 1993; Bertin *et al.*, 1993)，当其受到花粉限制 (Pollen limitation) 或者生境发生变化，常常能够引起植物交配系统从异交转变为自交 (方海涛等, 2004)，以保证胚珠的受精，提高植物的结实率。段元文等 (2007) 对

茄科典型早期开花的高山植物山茱萸 (*Anisodus tanguticus*) 研究也证明了自交不亲和性的丧失可能与繁殖保障有关。冬季或早春开花植物，由于气温、湿度、风速等因素，会影响了传粉昆虫的活动 (方海涛等, 2004; 周莉花, 2006; 马骥, 2010)，降低植物的异交授粉几率。深山含笑在二月至三月开花，其传粉者的活动容易受到气温与风速等天气状况的影响，传粉者种类单一且活动偏少，结合图 3 和图 4 可以看出，在一天之中气温较高时，即中午的时候传粉者的访花活动最频繁，此结论与陈士华等 (2001) 和曹义锋等 (2007) 的研究结果——蜜蜂活动的环境温度在 12 °C 以上一致；此外，深山含笑作为园林观赏植物被移栽后，其生境发生了变化，导致长期进化形成的特化的传粉系统受到破坏，缺少原生境的传粉昆虫，其柱头接受到异源花粉的几率降低。因此，自交亲和机制可以确保繁殖成功，生产出更多的种子，

提高雌性适合度, 即繁殖保障效应 (Holsinger, 1996), 而 Schoen *et al.* (1991) 发现在胁迫生境下造成的传粉条件与传粉质量的降低会导致豆科的两种植物 *Glycine argyrea* 和 *G. clandestina* 自交率的上升。另外, 在深山含笑在开花 1~2 d 内, 花瓣未完全展开时, 蜜蜂从花瓣基部的孔隙中进入花内部, 自下而上的收集花粉, 增加了自交的几率, 而当花瓣完全打开后, 蜜蜂才能够直接飞入花内, 自上而下的收集花粉, 有利于异交授粉。因此, 有实验可知, 深山含笑自交亲和, 因此其繁育系统是以异交为主, 部分自交亲和, 需要传粉者。

花作为被子植物的繁殖器官, 具有比其它的有机类群的繁殖器官更高的变异性。灵活多样的花部行为是植物为了适应其生境而不断地进化形成的 (Dafni, 1996; Bynum *et al.*, 2001; Huang *et al.*, 2002; Galen, 2005), 其目的就是使得物种能够顺利的完成繁殖过程并且延续下去。深山含笑是早春开花植物, 其授粉过程容易受到低温、潮湿以及降雨等不确定的天气因素的影响, 从而导致花粉活力和柱头可授性的降低。因此, 在其花开放初期, 并没有将所有的花瓣打开, 避免了花药和柱头完全暴露在潮湿和低温的环境降低活性, 从而提高了雄性适合度。Mao *et al.* (2009) 研究了 80 种被子植物的花对潮湿和多雨的环境的响应机制, 依据其花部特征及花粉和柱头的抗水性能将花分为三种形式——无保护的花、部分保护的花以及完全保护的花, 而花部结构能保护花粉和柱头免受雨水的冲刷从而减低了活力。深山含笑模拟淋雨实验结果表明, 其花瓣对花药与柱头有一定的保护机制, 减少了雨水对花粉和柱头的冲刷的影响, 从而间接延长了花粉的寿命, 提高了雄性适合度。Sun *et al.* (2008) 研究也证实了这点, 因为珙桐 (*Davidia involucrata*) 的苞片除了具有吸引传粉者的功能还具有保护花药和柱头免受雨水冲刷的功能。深山含笑的花部综合征和繁育系统的内在联系及蜜蜂的两种访花行为对深山含笑的自交与异交机制的贡献方面还需要进一步的探讨与研究。

参考文献:

- Bertin RL. 1993. Incidence of monoecy and dichogamy in relation to self-fertilization in angiosperms[J]. *Am J Bot*, **80**:557-560
- Bertin RI, CM Newman. 1993. Dichogamy in angiosperms[J]. *Bot Rev*, **59**:112-152
- Bynum MR, WK Smith. 2001. Floral movements in response to thunderstorms improve reproductive effort in the alpine species *Gentiana algida* (Gentianaceae)[J]. *Am J Bot*, **88**(6): 1 088-1 095
- Cao YF(曹义锋), Yu LS(余林生), Bi SD(毕守东), *et al.* 2007. Studying progress of the influence of temperature to honey bee(温度对蜜蜂影响的研究进展)[J]. *J Bee* (蜜蜂杂志), (1):13-15
- Chen SH(陈士华), Wang QL(王其林), Yu JH(虞纪浩). 2001. Analysis of thse climate resource-temperature condition of raising bees around Mishan(密山地区放蜂的气候资源)[J]. *Apic Chin*(中国养蜂), **52**(1):6-9
- Cruden RW. 1977. Pollen-ovuleratio; a conservative indicator of breeding systems in flowering plants[J]. *Evolution*, **31**:32-46
- Dafni A. 1992. Pollinationecology: A Practical Approach [M]. Oxford:Oxford University Press
- Dafni A. 1996. Autumnal and winter pollination adaptations under-Mediterranean conditions[J]. *Boccone*, **5**:171-181
- Duan WY(段元文), Zhang TF(张挺峰), Liu JQ(刘健全). 2007. Pollination biology of *Anisodus tanguticus* (Solanaceae) (山莨菪(茄科)的传粉生物学)[J]. *Biodiv Sci* (生物多样性), **15**(6): 584-591
- Fang HT(方海涛), Wang LY(王黎元), Zhang XG(张晓明). 2004. Study on flower biology of endangered plant *Ammopiptanthus mongolicus* (珍稀濒危植物沙冬青花生物学研究)[J]. *Guihaia* (广西植物), **24**(5):478-480
- Galen C. 2005. It Never Rains But Then It Pours; the Diverse Effects of Water on Flower Integrity and Function[M]//Edward R, Bazzaz FA. Reproductive Allocation in Plants. Burlington, MA, USA; Elsevier Academic Press;77-95
- Holsinger KE. 1996. Pollination biology and the evolution of mating systems in flowering plants[J]. *Evol Biol*, **29**:107-149
- Hu DN(胡冬南), Liu XY(刘细燕), Yang GY(杨光耀), *et al.* 2002. Studies on the pollen technique of *Michelia maudiae* Dunn and *Michelia chapensis* Dandy (木兰科含笑属深山含笑、乐昌含笑花粉技术的研究)[J]. *Acta Agric Univ Jiangxi; Nat Sci Edit* (江西农业大学学报·自然科学版), **24**(2):237-239
- Huang SQ, Takahashi Y, Dafni A. 2002. Why does the flower stalk of *Pulsatilla cernua* (Ranunculaceae) bend during anthesis[J]. *Am J Bot*, **89**(10):1 599-1 603
- Jiang JM(姜景民), Li X(李霞), Sheng NR(盛能荣). 1999. On the hybridization techniques of *Magnoliaceos* plants(木兰科木兰属、含笑属植物杂交授粉技术的初步研究)[J]. *For Res* (林业科学研究), **12**(2):214-217
- Li XC(李晓储), Huang LB(黄利斌), Zhang YB(张永兵), *et al.* 2006. Studies on leaf anatomic indexes and their relations to drought resistance of the four species of *Michelia* (四种含笑叶解剖性状与抗旱性的研究)[J]. *For Res* (林业科学研究), **19**(2):177-181
- Liu YH(刘玉壶). 1984. A preliminary study on the taxonomy of the family Magnoliaceae(木兰科分类系统的初步研究)[J]. *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), **22**(2):89-109
- Ma J(马骥), Ni XL(倪细炉), Shi HY(史宏勇), *et al.* 2010. Flowering biology of *Amygdalus mongolica* (蒙古扁桃的开花生物学研究)[J]. *Acta Bot Bor-Occ Sin* (西北植物学报), **30**(6):1 134-1 141
- Mao YY, Huang SQ. 2009. Pollen resistance to water in 80 angiosperm species; flower structures protect rain-susceptible pollen (下转第 108 页 Continue on page 108)

zation) for NMR measurements.

References:

- Editorial Committee in Flora of China. 1996. Flora of China, Fascicule 2[M]. Beijing: Science Press, 44: 66—74
- Jiangsu New Medical College. 1977. Dictionary of Chinese Traditional Drugs[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1 005
- Huang YL, Chen YY, Yan XJ, et al. 2014. Chemical constituents from the leaves of *Alchornea frewoides* (I). Phenolic acids and related compounds[J]. *Guihaia*, 34(1): 126—129
- Huang YL, Tsujita T, Tanaka T, et al. 2011. Triterpene hexahydroxydiphenyl esters and a quinic acid purpurogallin carbonyl ester from the leaves of *Castanopsis fissa* [J]. *Phytochemistry*, 72: 2 006—2 014
- Lu JH, Chen YY, Hunag RS, et al. 2011. Study on the antioxidant activity of extracts from the leaves of *Alchornea trewoides* [J]. *Guihaia*, 31: 134—138
- Lu JH, Wei YX, Chen YY, et al. 2012. Chemical constituents from *Alchornea trewoides* [J]. *Nat Prod Res Dev*, 24: 772—774
- Nishimura H, Nonaka GI, Nishioka I. 1984. Seven quinic acid gallates from *Quercus stenophylla* [J]. *Phytochemistry*, 23: 2 621—2 623
- Nakatani N, Kayano SI, Kikuzaki H, et al. 2008. Identification, quantitative determination, and antioxidative activities of chlorogenic acid isomers in prune (*Prunus domestica* L.) [J]. *J Agric Food Chem*, 48: 5 512—5 516
- Prior RL, Hoang H, Gu L, et al. 2003. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity oxygen radical absorbance capacity (ORACFL) of plasma and other biological and food samples [J]. *J Agric Food Chem*, 51: 3 273—3 279
- Qin RD, Cheng W, Zhang QY, et al. 2012. Phenolic acid derivatives from *Alchornea trewoides* [J]. *Acta Pharm Sin*, 47: 926—929
- Tamura Y, Hattori M, Konno K, et al. 2004. Triterpenoid and caffeic acid derivatives in the leaves of ragweed, *Ambrosia artemisiifolia* L. (Asterales: Asteraceae), as feeding stimulants of ophraella communa LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae) [J]. *Chemoecology*, 14: 113—118
- [J]. *New Phytol*, 183(3): 892—899
- Ming J (明军), Gu WC (顾万春). 2004. Research advances on *Michelia* Linn. in China (中国含笑属植物研究进展) [J]. *J Centr S For Univ (中南林学院学报)*, 24(5): 147—152
- Pias B, Guotian P. 2001. Flowering phenology and pollen-ovule ratio in coastal dune communities near Eurosiberian Mediterranean borders in the NW Iberian Peninsula [J]. *Flora*, 196: 475—482
- Schoen DJ, Brown AHD. 1991. Whole- and within flower self-pollination in *Glycine argyrea* and *G. clandestina* and the evolution of autogamy [J]. *Evolution*, 45(7): 1 651—1 665
- Sun JF, Gong YB, Renner SS, et al. 2008. Multifunctional bracts in the dove tree *Davidia involucrata* (Nyssaceae; Cornales): rain protection and pollinator attraction [J]. *Am Nat*, 171(1): 119—124
- Sun LF (孙凌峰), Kang ZQ (康致泉). 1991. Studies on the chemical constituents of the essential oils from the leaves of *Michelia Maudiae* Dunn (深山含笑叶挥发油的化学成分研究) [J]. *J Jiangxi Norm Univ: Nat Sci Ed (江西师范大学学报·自然科学版)*, 15(4): 317—321
- Sun Y, Liu YF, Wang J, et al. 2010. Ten polymorphic microsatellite makers in *Michelia maudiae* (Magnoliaceae) [J]. *Am J Bot*, 157—158
- Xu JX (许建新), Jin X (金像), Xu H (许涵), et al. 2007. Growth adaptation of seedlings of *Michelia maudiae* Dunn to acid rain stress (深山含笑对酸雨胁迫的适应性研究) [J]. *Guangdong For Sci Technol (广东林业科技)*, 23(1): 22—27
- Ye YJ (叶玉娟), He KY (何开跃). 2009. Allelopathic effects of *Michelia maudiae* on seed germination and seedling growth of three plant species (深山含笑对 3 种植物的化感作用研究) [J]. *Chin For Sci Technol (林业科技开发)*, 23(6): 34—39
- Zhang DH (张都海), Wei JL (魏君莉), Zhu JR (朱锦茹), et al. 2004. Preliminary study on growth rhythm of man-made *Michelia maudiae* forest (深山含笑人工林生长规律的初步研究) [J]. *J Zhejiang For Sci Technol (浙江林业科技)*, 24(2): 30—32
- Zhou LH (周莉花), Hao RM (郝日明), Wu JZ (吴建忠). 2006. The pollination biology of *Chimonanthus praecox* (L.) Link (蜡梅传粉生物学研究) [J]. *Acta Horti Sin (园艺学报)*, 33(2): 323—327

(上接第 41 页 Continue from page 41)