

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2012.06.019

## 七叶树花粉活力和柱头可授性变化的研究

李 莺, 陈鹏涛, 樊静静

(西安文理学院 生物技术学院, 西安 710065)

**摘要:** 采用花粉离体萌发法研究不同蔗糖浓度、硼酸浓度和不同温度对七叶树花粉萌发的影响及花粉活力测定,用联苯胺-过氧化氢法测定柱头可授性。结果表明:七叶树花粉萌发的最佳培养基是12%蔗糖+30 mg/L 硼酸,花粉萌发的最适温度为25℃。雄花在开花当天花粉活力最高达75.69%,并在开花当天的上午10:00时,花粉活力最强,10:00~16:00花粉活力保持较高活力,是最佳授粉时段。两性花的柱头可授期持续时间较长,为8~9 d,开花3 d达到最强,开花1~4 d柱头可授性保持较高水平,为授粉的最佳时间段。因此,从七叶树的花部特征、花粉活力与柱头可授性及花粉萌发的条件看,在长期的自然选择下七叶树在花部结构和开花生理上都是相配合的,以保障生殖成功。

**关键词:** 七叶树; 花粉活力; 柱头可授性

**中图分类号:** Q944.58 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2012)06-0816-06

## Pollen viability and stigma receptivity of *Aesculus chinensis*

LI Ying, CHEN Peng-Tao, FAN Jing-Jing

(College of Biotechnology, Xi'an University of Arts and Sciences, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** *In vitro* pollen-germinating method was used to study the effects of different sucrose and boric acid concentrations, and temperatures on pollen germination and vitality of *Aesculus chinensis*. Benzidine-hydrogen peroxide method was used to assay stigma receptive. The results showed that the best sucrose and boric acid concentration for pollen germination was 12% and 30 mg/L, respectively, and the optimized temperature was 25℃. The pollen viability of male flowers maintained at higher levels from 10:00 to 16:00 and the highest (75.69%) at 10:00 during the flowering day. As a result, the best time for pollination was at 10:00. The stigma receptivity of perfect flowers lasted about 8-9 d, the stigma receptivity maintained at high levels 1-4 d after flowering and was the strongest 3 d after flowering. As a result, the best time for pollination was at 1-4 d after flowering. According to the floral character, pollen viability, stigma receptivity and pollen germination of *A. chinensis*, during long terms of natural selection, the floral structure was matched with flowering physiology of *A. chinensis* in order to guarantee successful reproduction.

**Key words:** *A. chinensis*; pollen viability; stigma receptivity

七叶树(*Aesculus chinensis*)属七叶树科七叶树属落叶乔木,因其叶片为掌状复叶,小叶5~9片,常为7片而得名。我国已将其列为珍稀的庭院绿化树种之一,和雪松、金钱松、鹅掌楸同列为世界著名观赏树种,又与悬铃木、椴树、榆树同列为世界四大优美行道树种(李鹏丽,2009)。

七叶树的繁殖方式主要是种子繁殖,而种子的

结实率与花粉的活力及柱头可授性紧密相关。传粉是种子植物有性生殖的重要环节,其过程始于花药开裂及成熟花粉散出,花粉必须在具有活力时到达具有可授性的柱头以确保受精过程顺利进行,因此,花粉活力与柱头可授性是完成有性生殖的必要条件,影响着植物的受精与结实(Kalingamire,2000)。近年来学者们曾先后进行了刺五加、锦带花(刘林德

收稿日期: 2012-07-19 修回日期: 2012-10-19

作者简介: 李莺(1964-),女,浙江杭州,副教授,主要从事植物学及植物组织培养方面的研究,(E-mail)li\_ying\_17@yahoo.com.cn.

等,2004)、芍药(红雨等,2003)、长白鸢尾(穆丹等,2006)、微型蔷薇(周家杏等,2007)、紫薇(王瑞文等,2010)、侧穗凤仙花(毛志斌等,2011)、油茶(王湘南等,2012)、贯叶连翘(姜波等,2012)等植物花粉活力及柱头可授性的研究,但有关七叶树花粉活力与柱头可授性的研究尚未见报道。七叶树在自然条件下结实率低,有必要对其花粉活力及柱头可授性特点进行研究。因此,我们采用花粉离体萌发法研究七叶树花粉萌发的影响因素及花粉活力测定,用联苯胺-过氧化氢法测定柱头可授性,对进一步了解七叶树结实率低的原因以及提高其坐果率,为更好地利用种子繁殖进行苗木生产具有重要意义。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

以西安文理学院 48 棵成年七叶树为观察研究对象。采用观察法对七叶树花器官的特征及开花顺序进行观察描述。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 花粉萌发实验研究

1.2.1.1 蔗糖浓度对花粉萌发的影响 采用花粉离体培养法,设计蔗糖质量浓度为 6%、8%、10%、12%、14% 共 5 组,取刚刚开放的雄花花蕾的花粉,于 25 ℃ 培养 3 h,每组设 3 次重复,每重复选取 3 个视野,且每视野花粉粒不少于 30 粒,镜检并统计花粉萌发率。萌发率=(已萌发花粉数/花粉总数)×100%,筛选出花粉萌发的最适蔗糖浓度。

1.2.1.2 硼酸浓度对花粉萌发的影响 采用 1.2.1.1 实验中筛选的最适蔗糖浓度分别与 10、20、30、40 和 50 mg/L 硼酸浓度组合共 5 组,方法同 1.2.1.1,镜检并统计花粉萌发率并测量花粉管长度。筛选出花粉萌发的最适蔗糖硼酸浓度组合。

1.2.1.3 温度对花粉萌发的影响 采用 1.2.1.2 实验中筛选的最佳蔗糖硼酸浓度组合,分别设置 22、25、30、35 和 37 ℃ 共 5 组,方法同 1.2.1.1,镜检并统计花粉萌发率,筛选花粉萌发的最适温度。

#### 1.2.2 花粉活力研究

1.2.2.1 雄花不同开花天数花粉活力的动态变化 分别采集充分膨大花蕾期(未开即将开)、开花前 1 d(雄蕊露出但花冠并未完全张开的花)、开花 1 d(花冠完全张开)、开花 2 d、开花 3 d、开花 4 d 的七叶树雄花 3~5 朵,将其花粉播于最适培养基中置于最适

温度下培养 3 h,镜检并统计花粉萌发率,重复 3 次。用花粉萌发时的大小来表示花粉活力的高低。

1.2.2.2 雄花花粉活力的日变化 试验前一天,对开花程度相同的花蕾进行标记,第二天早晨选取花蕾同时开放的花朵,分别于 7:00~19:00,每间隔 3 h 随机采取 3~5 朵,剥离花药将花粉播于最适培养基中置于最适温度下培养 3 h,统计花粉萌发率,重复 3 次。

#### 1.2.3 柱头可授性的研究

1.2.3.1 开花前后不同天数柱头可授性的变化 选择进入盛花期花苞多的七叶树进行标记,每棵树选择 5 个花序,标记露出花柱和柱头的两性花 100~150 朵,按照开花顺序每天采集样品 15 朵,每 3 朵一组,重复 3 次,采用联苯胺-过氧化氢法测定柱头可授性(刘林德,2004),于解剖镜下观察、统计并拍照。

1.2.3.2 柱头可授性日变化 选择进入盛花期成熟花苞多的七叶树,标记待开花苞 100 朵,观察其开花状态,开花 3 d 时,分别于 7:00~19:00,每间隔 3 h 采集 15 朵花,每 3 朵一组,重复 3 次,进行柱头可授性测定,方法同 1.2.3.1。

### 1.3 数据处理

采用 SPSS13.0 软件进行数据分析,采用 Excel2003 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 七叶树花器官的特征观察

秦岭植物志(中国科学院西北植物研究所,1981)记载七叶树科七叶树属为圆锥花序,杂性。而在具体种七叶树(*Aesculus chinensis*)中又记载花两性,白色,花瓣 4,不等大,长 6~10 mm;雄蕊 6;子房在雄花中不发育,叙述不明确。我们通过对七叶树的观察发现,其圆锥花序上同时存在两种形态的小花,一种是雄花,其雄蕊发育正常,通常 7 枚,雌蕊 1 枚退化,其子房不膨大,子房 3 室但中空无胚珠;另一种是两性花,其雌雄蕊均发育正常,雄蕊 7 枚,雌蕊 1 枚,子房正常膨大,3 室,每室着生两粒叠生的胚珠,花柱细长,柱头尖,红色,不膨大。小花序是总状花序,1~2 朵两性花着生于小花序的基部,上部 8~9 朵是雄花。因此,整个花序雄花占绝大多数,约为 97.35%,而两性花仅占 2.65%,属于雄花与两性花同株,即雄全同株植物。西安地区七叶树在每年 4 月下旬开始开花,持续到 5 月下旬,群花期约 30 d,雄花单花期 5~6 d,两性花 7~8 d。对于同

一花序的小花,其开花顺序自下向上开放,即两性花先开。首先花柱弯曲伸出花冠(花冠此时未张开),然后花柱逐渐伸直带出柱头,此时花冠开放,与此同时,上部的雄花依次开花,雄花开花当天雄蕊花药开裂散粉,两性花开花4 d后其雄蕊花丝伸长,花药开裂散粉,因此,通过观察得出七叶树两性花雌雄蕊异熟。

## 2.2 七叶树花粉萌发的实验研究

2.2.1 蔗糖浓度对花粉萌发的影响 七叶树花粉在不同蔗糖浓度条件下花粉萌发率如图1所示。

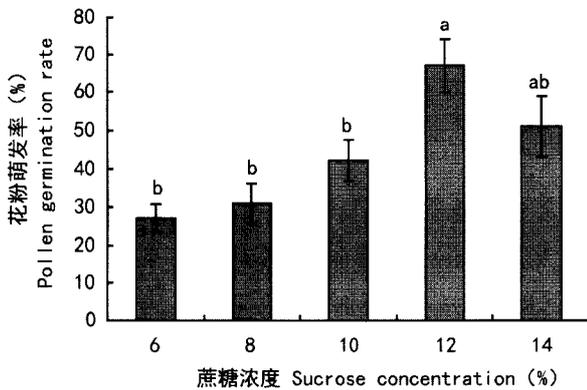


图1 不同蔗糖浓度下七叶树花粉的萌发率  
Fig. 1 Pollen germination rate of *A. chinensis* in different sucrose concentrations

不同小写字母表示各处理之间在0.05水平存在显著差异(n=3),下同。  
Different lowercase letters indicate significant differences among treatments at 0.05 level (n=3). The same below.

图1可以看出,蔗糖浓度在6%~12%的范围内,随着蔗糖浓度的递增,花粉的萌发率递增,当蔗糖浓度达到12%时,七叶树的花粉萌发率达最高(68%),且差异显著。当蔗糖浓度超过12%以后,随着蔗糖浓度的增大,其花粉萌发率开始下降。12%蔗糖浓度花粉萌发率比14%蔗糖浓度高,但差异不显著,因此综合考虑最适七叶树花粉萌发的蔗糖浓度为12%。

2.2.2 硼酸浓度对花粉萌发的影响 七叶树花粉在不同硼酸浓度条件下花粉萌发率和花粉管生长长度如表1所示。

不同浓度硼酸对花粉的萌发率及花粉管的生长影响不同,在10~30 mg/L浓度范围内,随着硼酸浓度的递增,七叶树花粉的萌发率递增,花粉管的生长长度也在递增,当硼酸浓度达到30 mg/L时,七叶树的花粉萌发率达到最高,花粉管生长的长度最长,且差异显著;当硼酸浓度超过30 mg/L后,随着硼酸浓度的增大,其花粉萌发率反而下降,花粉管的

生长速度减缓,且差异显著。因此适合于七叶树花粉萌发的硼酸最适浓度为30 mg/L。

由2.2.1和2.2.2的实验得出七叶树花粉离体萌发的最佳培养基是12%蔗糖+30mg/L硼酸。

2.2.3 温度对七叶树花粉萌发率的影响 七叶树花粉在不同温度条件下花粉萌发率如图2所示。

表1 硼酸浓度对七叶树花粉萌发的影响  
Table 1 Effects of boric acid concentration on pollen germination rate of *A. chinensis*

观测项目 Items of observation	硼酸浓度 (mg/L) Boric acid concentration				
	10	20	30	40	50
花粉萌发率 (%) Pollen germination rate	42c	48.3c	72.3a	57b	47c
平均花粉管长度 (μm) Pollen tube length	62.3g	69.5f	103 d	84.5e	55.6h

注:同行不同小写字母表示各处理之间在0.05水平存在显著差异(n=3)。

Note: Different lowercase in the same row indicate significant differences among treatments at 0.05 level (n=3).

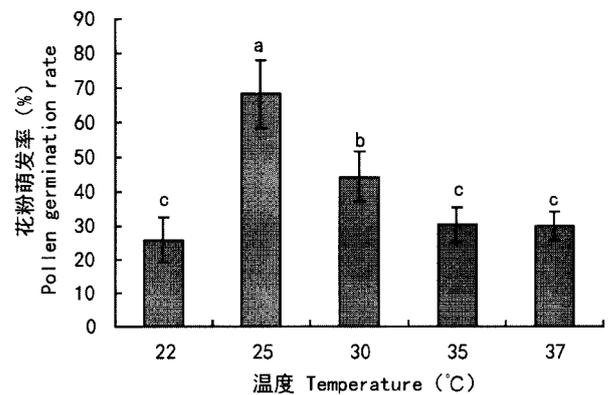


图2 不同温度条件下七叶树花粉的萌发率  
Fig. 2 Pollen germination rate of *Aesculus chinensis* in different temperatures

从图2看出,七叶树花粉萌发率与温度密切相关。当温度在22℃条件下花粉萌发率较低,只有27.4%,而当温度升到25℃时花粉萌发率达到最高,花粉管生长速度加快,两组之间差异显著;当温度超过25℃时,花粉萌发率则开始下降,在25℃条件下与其它各组相比差异显著,因此,适于七叶树花粉萌发最适温度为25℃。

## 2.3 雄花与两性花花粉活力的比较

七叶树雄花和两性花花粉活力测定如图3所示。

雄花和两性花在开花的不同时期花粉活力差异显著,在花蕾期雄花花粉活力极低,两性花花粉无活力,说明此时花粉尚未发育成熟,差异不显著,而在

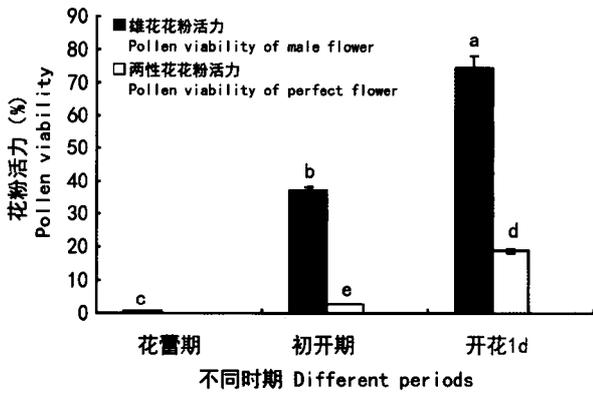


图3 雄花与两性花花粉活力的比较  
Fig. 3 Pollen viability comparison between male and perfect flower

初开期和开花 1 d 这两个时期雄花的花粉活力要远远大于两性花的花粉活力,差异显著。说明雄花实际产生高活力的花粉,为花粉的提供者,而两性花为花粉接受者。

2.4 花粉活力与柱头可授性

2.4.1 不同开花天数雄花花粉活力与两性花柱头可授性比较 七叶树不同开花天数雄花花粉活力的动态变化及两性花柱头可授性的动态变化见图 4。

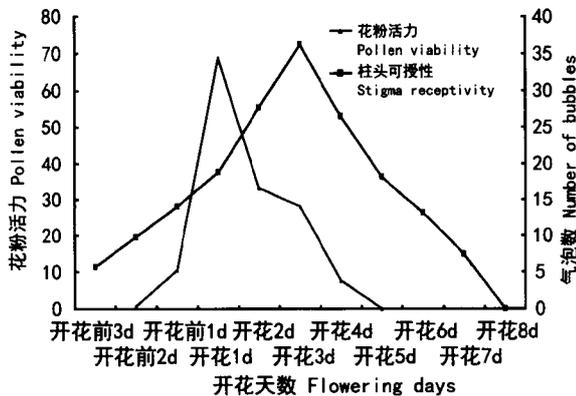


图4 不同开花天数雄花花粉活力和两性花柱头可授性的动态变化  
Fig. 4 Dynamic changes of male flower pollen viability and perfect flower stigma receptivity in different flowering days

处于开花前 2 d(即膨大花蕾而未开)的雄花,花粉萌发率为 0.56%,远远低于处于开花时的花粉活力,说明此时花粉尚未发育成熟,因此,花粉活力极低,差异显著性分析表明差异极显著;从开花前 1 d,花粉萌发率逐渐上升,到开花 1 d(开花当天),花粉活力达到最高,与我们观察到雄花开花当天花药开裂散粉相一致;开花 2~3 d,花粉活力迅速下降,开

花 4 d 后花粉活力基本丧失,SPSS 软件分析结果表明差异显著。这说明七叶树雄花开花当天花粉活力最强。

当七叶树的两性花处于开花前 3 d 时,有少量气泡产生(图 5:A),表明开始具有一定的可授性,只是柱头可授性较弱,观察到柱头呈红色,随着天数的推移,气泡数目增多,表明柱头可授性逐渐增强,此时柱头红色逐渐变浅(图 5:B,C);到开花 3 d 时柱头有大量气泡产生,说明此时柱头可授性达到最强(图 5:D);在开花 1~4 d,柱头保持较强的可授性;开花 5~7 d,产生气泡数目减少,表明可授性逐渐减弱,此时柱头颜色逐渐变黑(图 5:E,F);开花 8 d 柱头无气泡产生,表明柱头可授性消失,此时柱头呈黑色,开始萎蔫。这说明七叶树两性花的柱头可授期持续时间较长,为 8~9 d(包括开花前柱头先露出 1~2 d),开花 3 d 时,柱头可授性达到最强,开花 1~4 d,柱头可授性较强,此时应为授粉的最佳时间。

2.4.2 雄花花粉活力与柱头可授性的的日变化 雄花开花当天花粉活力的日变化和两性花开花第 3 天柱头可授性的日变化见图 6。

从图 6 看出,雄花在开花当天(花冠完全张开)不同时间段的花粉活力不同。在上午 7:00 和下午 19:00 时,测得花粉活力分别为 37.1% 和 36.4%,说明花粉活力较低,且差异不显著;到 10:00 时达最强(75.69%),而在 10:00~16:00 时,花粉活力一直较高,维持在 75%~63%,与我们观察到雄花开花当天花药在 10:00 左右开始开裂散粉,到 13:00 时一朵雄花中 6~7 枚雄蕊的花药基本都开裂散粉现象一致,各组间差异不显著,与上午 7:00 和下午 19:00 时这两组的花粉活力差异显著。这说明七叶树雄花在开花当天的 10:00,花粉活力最强,10:00~16:00 是七叶树花粉生活力旺盛的时期,是最佳授粉时段。

从图 6 可知,七叶树两性花在开花第 3 天中,呈现先增强后减弱的曲线变化。柱头可授性在 7:00~13:00 缓慢增强,从 13:00 时柱头可授性快速增强,到 16:00 时增至最强,以后开始快速减弱;七叶树雄花花粉活力虽然在 10:00 达到最强,但此时柱头可授性却较低,而在 10:00~16:00 花粉活力保持较高活力,且柱头可授性在 16:00 时也达到最强。这说明花粉活力与柱头可授性相配套,达到有性生殖的成功。

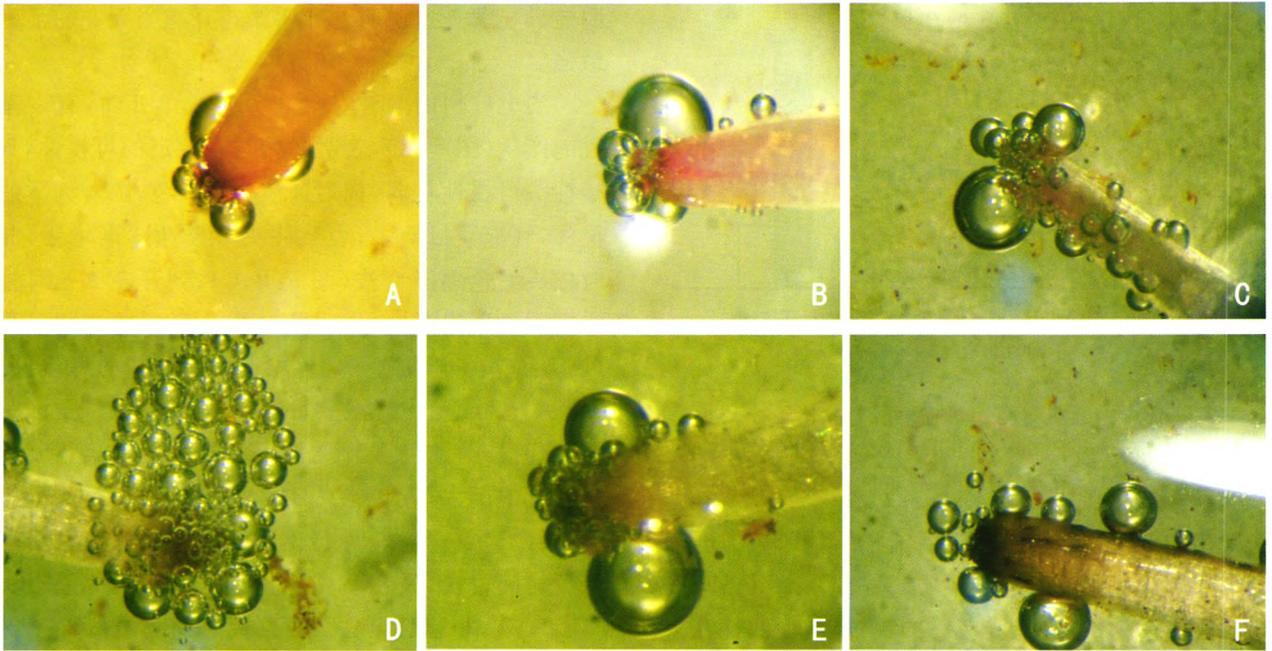


图 5 七叶树柱头可授性变化 A. 开花前 3 d 柱头红色,有少量气泡; B. 开花前 1 d 柱头红色变浅,有少量气泡; C. 开花 1 d 柱头红色继续变浅,气泡增多; D. 开花 3 d 柱头红色继续变浅,气泡最多; E. 开花 5 d 柱头颜色逐渐变黑,气泡减少; F. 开花 6 d 柱头黑色,气泡减少。

Fig. 5 Changes of stigma receptivity of *A. chinensis* A. The stigma is red and with a small amount of bubbles 3 d before flowering; B. The red stigma becomes light and with a small amount of bubbles 1 d before flowering; C. The red stigma continues to become light and the amount of bubbles increases 1 d after flowering; D. The red stigma continues to become light and the amount of bubbles gets to the most 3 d after flowering; E. The stigma appears and its color becomes black, and the amount of bubbles decreases 5 d after flowering; F. The stigma changes into black and the amount of bubbles decreases 6 d after flowering.

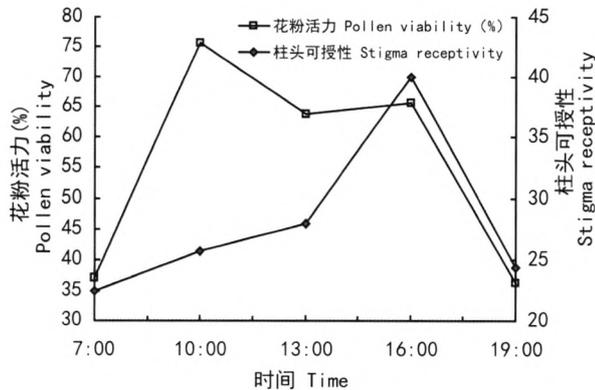


图 6 花粉活力与柱头可授性的日变化  
Fig. 6 The daily change of pollen viability and stigma receptivity

### 3 结论与讨论

#### 3.1 讨论

3.1.1 花部特征与适应 我们观察到七叶树为圆锥花序,其小花有雄花和两性花两种类型且雄花占 97.35%,两性花仅占 2.65%,属雄全同株植物。小

花序是总状花序,1~2 朵两性花着生于小花序的基部,其余均为雄花,其开花顺序则为自下向上开放,即两性花先开。首先花柱弯曲伸出花冠(花冠此时未张开),然后逐渐花柱伸直带出柱头,需要 1~3 d 花冠才开放,此时上部的雄花依次开花,且雄花开花当天雄蕊花药开裂散粉。这说明雄花和两性花在开花顺序上是配合的。两性花在开花 4 d 后其雄蕊花丝伸长,花药开裂散粉。通过观察得出,七叶树的花在发育上表现为雄花雄蕊先成熟,雌蕊退化;两性花雌蕊先熟,雄蕊后成熟,在单花水平上表现为雌雄功能存在时间上的隔离,即两性花雌雄蕊异熟。雌蕊和雄蕊异熟是一种较常见的限制自花传粉的机制,这是其长期演化过程中形成的一种适应,提高了该物种的生存竞争能力。

3.1.2 花粉活力与柱头可授性 花粉活力与柱头可授性是完成有性生殖的必要条件,柱头可授期是花朵成熟过程中的一个重要时期。不同植物的柱头可授期所持续的时间从几小时到十几天,花期长短、开花后的天数以及柱头分泌物的有无等,对植物的柱头可授期均有重要影响。水稻、棉花的柱头可保持

1~2 d,油菜开花后柱头可维持 1~3 d,4 d 下降,约 6 d 失去作用(Jackson,1991)。不同种类植物的花粉活力有很大的差异。锦带花的花粉活力在开花时达 70%以上且能维持 3 d,之后明显下降(刘林德等,2004);油茶的花粉寿命 4~10 d,在开花后 1~5 d 时花粉活力较高,油茶柱头可授性持续 3~6 d(王湘南等,2012);本研究结果表明,七叶树的两性花柱头可授期较长,为 8~9 d(包括开花前 1~2 d),其中开花后 1~4 d,柱头具较强的可授性,雄花的花粉活力在开花当天较强,且在上午 10:00 时达到最高,在 10:00~16:00 时七叶树花粉生活力旺盛,是最佳授粉时期。由于七叶树的花序是无限花序且 97%都是雄花,开花不同步,因此每天都有大量的雄花开放,在大量散粉期间,两性花柱头可授期长,尚处于最佳的授粉期,反映其雄花花粉活力与两性花柱头可授性是相互配合的。这很可能是七叶树在长期适应过程中形成的一套内在的调节雌雄花器官成熟的机制,以保障生殖成功。雄花与两性花花粉活力比较实验表明,两性花的花粉活力很低、雌雄蕊异熟,这些均是七叶树避免其自花传粉的适应机制。

3.1.3 花粉萌发的条件 不同植物花粉萌发条件存在差异,蔗糖和硼酸是花粉离体培养时的重要条件,本研究表明在离体培养条件下,适量的蔗糖和硼酸对七叶树花粉萌发有明显的促进作用,萌发的适宜蔗糖浓度是 12%,硼酸的最适浓度为 30 mg/L。温度对花粉的萌发有明显影响,在一定温度范围内,七叶树花粉萌发率受温度的调控非常显著,在 25 ℃条件下,花粉萌发率达最高水平,花粉管生长较快、较长,是七叶树花粉萌发的适宜温度。而在自然条件下,七叶树在西安地区 4 月下旬至 5 月下旬开花,正好与此时西安地区气温 25 ℃左右相吻合。

### 3.2 结论

通过对七叶树花部特征观察得出七叶树属于雌全同株植物,其雄花和两性花在开花顺序上是相互配合的,通过实验证实花粉活力与柱头可授性也是相互配合的。因此在长期的自然选择下七叶树其花部特征和开花生理上都相配合,以保障生殖成功,这是七叶树长期自然选择的结果。七叶树花多果少的现象,我们认为与其独特的雌全同株繁育系统密切相关,首先两性花数量少是其结实率低的主要原因,其次也会受到外界环境因素如传粉昆虫种类和数量少等因素的影响。对七叶树传粉生物学方面还有待

于今后进一步研究。

**致谢** 西北大学胡正海教授对本文进行了精细的修改,提出了宝贵的修改建议,在此谨表示最衷心和最诚挚的感谢!

### 参考文献:

- 中国科学院西北植物研究所. 1981. 秦岭植物志(第 1 卷第 3 册)[M]. 北京:科学出版社:234-235
- Hong Y(红雨),Liu Q(刘强),Han L(韩岚). 2003. Pollen vitality and stigma receptivity of *Paeonia lactiflora* Pall(芍药花粉活力和柱头可授性的研究)[J]. *Guihaia*(广西植物),23(1):90-92
- Jackson JF. 1991. Borate control of energy-driven protein secretion from pollen and interaction of borate with auxin or herbicide—a possible role for boron in membrane events[J]. *Cur Top Plant Biochem Physiol*,10:221-229
- Jiang B(姜波),Shen ZG(沈宗根),Ruan XL(阮仙利), et al. 2012. Floral biology and breeding system of *Hypericum perforatum*(贯叶连翘的开花动态与繁育系统研究)[J]. *Guihaia*(广西植物),32(4):457-463
- Kalinganire A,Harwood CH,Slee MU, et al. 2000. Floral structure, stigma receptivity and pollen viability in relation to protandry and self-incompatibility in silky oak(*Grevillea robusta* A. Cunn.)[J]. *Annals Bot*,86(1):133-148
- Li PL(李鹏丽),Shi MZ(时明芝),Wang SW(王绍文). 2009. Research and prospect of the rare tree species *Aesculus*(珍稀观赏树种七叶树的研究现状与展望)[J]. *Northern Hort*(北方园艺), (9):115-118
- Liu LD(刘林德),Zhang P(张萍),Zhang L(张丽). 2004. Pollen viability, stigma receptivity and pollinators of *Weigeia florida*(锦带花的花粉活力、柱头可授性及传粉者的观察)[J]. *Acta Bot Bor-Occ Sin*(西北植物学报),24(8):1 434-1 434
- Mao ZB(毛志斌),Cedric Boehler,Ge XJ(葛学军). 2011. Pollination ecology and breeding system of *Impatiens lateristachys*(Balsaminaceae)endemic to China(侧穗凤仙花的传粉生态和繁育系统)[J]. *Guihaia*(广西植物),31(2):160-166
- Mu D(穆丹),Wang L(王玲),Zhuo LH(卓丽环). 2006. Biological characteristics of flowering and pollen viability of *Iris mandshurica*(长白鸢尾开花的生物学特性及花粉生活力)[J]. *J Northeast Fore Univ*(东北林业大学学报),34(4):57-58
- Wang XN(王湘南),Chen YZ(陈永忠),Wang R(王瑞). 2012. Pollen viability and chapter receptivity of *Camellia oleifera*(油茶花粉活力及柱头可授性研究)[J]. *J Centr S Univ Fore & Technol*(中南林业科技大学学报),32(3):17-22
- Wang RW(王瑞文),Yang YL(杨彦伶),Wang RJ(王瑞静). 2010. Pollen viability and stigma receptivity of *Lagerstroemia indica*(紫薇花粉活力变化及柱头可授性的研究)[J]. *Hubei Agric Sci*(湖北农业科学),49(11):2 829-2 832
- Zhou JX(周家杏),Zeng L(曾丽),Tao W(陶伟). 2007. Studies on measurement methods of Pollen viability of *Rosa chinensis* var. *minima*'s(微型月季花粉生活力测定方法的研究)[J]. *J Shanghai Jiaotong Univ;Agric Sci Edit*(上海交通大学学报·农业科学版),25(6):574-577

# 七叶树花粉活力和柱头可授性变化的研究

作者: [李莺](#), [陈鹏涛](#), [樊静静](#), [LI Ying](#), [CHEN Peng-Tao](#), [FAN Jing-Jing](#)  
作者单位: [西安文理学院生物技术学院](#), 西安, 710065  
刊名: [广西植物](#) [ISTIC](#) [PKU](#)  
英文刊名: [Guihaia](#)  
年, 卷(期): 2012, 32(6)  
被引用次数: 3次

## 参考文献(12条)

1. [中国科学院西北植物研究所 秦岭植物志\(第1卷第3册\)](#) 1981
2. [红雨, 刘强, 韩岚 芍药花粉活力和柱头可授性的研究\[期刊论文\]-广西植物](#) 2003(1)
3. [Jackson JF Borate control of energy-driven protein secretion from pollen and interaction of borate with auxin or herbicide—a possible role for boron in membrane events](#) 1991
4. [姜波, 沈宗根, 阮仙利, 吕洪飞 贯叶连翘的开花动态与繁育系统研究\[期刊论文\]-广西植物](#) 2012(4)
5. [Kalinganire A.; Slee MU.; Simons AJ.; Harwood CE. Floral structure, stigma receptivity and pollen viability in relation to protandry and self-incompatibility in silky oak \(Grevillea robusta A. Cunn.\) \[外文期刊\]](#) 2000(1)
6. [李鹏丽, 时明芝, 王绍文 珍稀观赏树种七叶树的研究现状与展望\[期刊论文\]-北方园艺](#) 2009(9)
7. [刘林德, 张萍, 张丽, 陈磊, 高玉葆 锦带花的花粉活力、柱头可授性及传粉者的观察\[期刊论文\]-西北植物学报](#) 2004(8)
8. [毛志斌, Cedric Boehler, 葛学军 侧穗凤仙花的传粉生态和繁育系统\[期刊论文\]-广西植物](#) 2011(2)
9. [穆丹, 王玲, 卓丽环 长白鸢尾开花的生物学特性及花粉生活力\[期刊论文\]-东北林业大学学报](#) 2006(4)
10. [王湘南, 陈永忠, 王瑞, 朱朝阳, 彭邵锋, 陈隆升, 马力 油茶花粉活力及柱头可授性研究\[期刊论文\]-中南林业科技大学学报](#) 2012(3)
11. [王瑞文, 杨彦伶, 王瑞静, 沈宝仙 紫薇花粉生活力变化及柱头可授性的研究\[期刊论文\]-湖北农业科学](#) 2010(11)
12. [周家杏, 曾丽, 陶懿伟, 孙佳, 蔡敏珏 微型月季花粉生活力测定方法的研究\[期刊论文\]-上海交通大学学报\(农业科学版\)](#) 2007(6)

## 引证文献(1条)

1. [刘海军 多伞阿魏繁育系统的研究\[学位论文\] 硕士](#) 2013

引用本文格式: [李莺](#). [陈鹏涛](#). [樊静静](#). [LI Ying](#). [CHEN Peng-Tao](#). [FAN Jing-Jing](#) 七叶树花粉活力和柱头可授性变化的研究[期刊论文]-[广西植物](#) 2012(6)