

圆齿野鸦椿开花动态特征与繁育系统

孙维红, 袁雪艳, 吴玲娇, 向双, 邹双全*

福建农林大学林学院, 自然生物资源保育利用福建省高校工程研究中心, 福州350002

摘要: 为了解圆齿野鸦椿的开花特性及繁育系统, 本研究通过观测其花部特征、开花进程及访花昆虫特性, 采用离体培养法和联苯胺-过氧化氢法分别测定花粉活力和柱头可授性, 运用花粉/胚珠比(P/O值)、杂交指数(OCI值)、人工授粉试验等方法检测圆齿野鸦椿的繁育系统。结果表明, 圆齿野鸦椿花期为5月中旬至6月初, 其生殖枝聚伞花序的开花顺序为: 由上至下, 由内及外, 单花花期约为1 d; 两性花, 花小, 雄蕊5, 偶见4或6, 子房由3心皮合成, 花部具有吸引传粉者的特性; 花粉活力在散粉2 h后达到最大值, 柱头可授性在花朵开放后不断增强; P/O值为 255.70 ± 46.50 , OCI值为3。人工套袋试验表明, 圆齿野鸦椿不存在无融合生殖, 自然条件下结实率最高, 但仅为48.76%, 自花授粉的结实率均低于人工授粉, 说明传粉者的不足导致传粉限制。综上判定圆齿野鸦椿繁育系统为兼性异交, 自交可孕, 需要传粉者进行传粉。

关键词: 圆齿野鸦椿; 开花动态; 繁育系统; 花粉活力; 柱头可授性

圆齿野鸦椿(*Euscaphis konishii* Hayata)为省沽油科(Staphyleaceae)野鸦椿属(*Euscaphis*)常绿小乔木, 是我国特有树种。其树形婆娑优美, 春夏之际, 新枝鲜红, 老枝暗红, 花序多而密, 花黄绿色夺目; 秋季, 蓇葖果由绿转红, 红果期跨越秋、冬和翌年春三季, 果实成熟后沿内面腹缝线开裂, 鲜红色的内果皮外翻呈两瓣蝴蝶翅状, 其果实繁多, 常压弯枝条, 微风浮动, 似有上万只蝴蝶嬉戏枝头, 故被称为蝴蝶果、情人果(郑俊敏2016)。在园林上作为观赏树, 可群植、丛植或孤植。圆齿野鸦椿作为一种民间药材, 果皮可抗炎镇痛、抗肝纤维化、抗细胞增殖。其种子油可制皂, 树皮可提烤胶, 木材可为器具用材, 可杀虫杀菌。目前对该树种的研究主要集中在繁殖技术, 抗逆性, 生态生物学特征以及化学成分等方面, 而对其开花动态及繁育系统未见相关报道。

繁育系统是指直接影响后代遗传组成的有性特征的总和, 主要包括花综合特征、花各个性器官的寿命、花的开放式样、传粉者种类和频率、自交亲和程度和交配系统, 其中交配系统是核心。而花作为植物重要的有性器官, 所有结构都与有性生殖过程相适应(Dafni 1992)。掌握植物的有性生殖生物学是开展有性杂交育种的理论基础(毛秀红等2017)。本研究拟通过对圆齿野鸦椿花期物候、开花动态、花部特征、花粉/胚珠比、杂交指数、套袋试验及访花昆虫的观测, 揭示圆齿野鸦椿的花部特征和花开放规律, 确定其繁育系统类型, 以期弥补圆齿野鸦椿繁育系统方面研究的空白, 同时, 为圆齿野鸦椿合理开发利用及人工杂交育种提供基础资料。

材料与方法

1 材料与研究区概况

供试材料为圆齿野鸦椿(*Euscaphis konishii* Hayata), 生长于福州市仓山区福建农林大学田间实验室, 东经 $119^{\circ}14'6''$, 北纬 $26^{\circ}5'6''$, 年平均气温 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$, 最低气温 -2.5°C , 最高气温 42.3°C , 年平均降水量 $900\sim 2100\text{ mm}$ 。属典型的亚热带季风气候, 气温适宜, 温暖湿润, 四季常青, 阳光充足, 雨量充沛, 霜少无雪, 夏长冬短, 无霜期达326 d。

2 研究方法

2.1 圆齿野鸦椿的物候与开花进程观察

试验于2017年4月中旬至6月初进行。

圆齿野鸦椿开花物候观察: 观察样地内最先和最后开放的花朵的时间, 按照Dafni (1992)标准记录开花进程。

开花进程观察: 在样地选取5株健康、长势均匀的圆齿野鸦椿, 每株植株的4个方向上选择尚未开放的花序, 挂牌标记, 同时, 用毛笔标记200个生长一致的花蕾, 进行定点定时观察。显蕾期每1~2 d观察一次, 开花当天, 雄蕊散粉后每隔0.5 h观察一次, 至花展开后1 h观察一次, 直至花朵花药散尽、花瓣闭合。每次观察取3个样于体式显微镜下观察花结构, 并用游标卡尺分别进行观测和测量、记录花瓣长度、花冠直径及其颜色, 以及雄蕊和

收稿 2017-09-11 修定 2017-11-30

资助 福建省科技创新领军人才资助项目(118-KRC16006A)。

* 通讯作者(E-mail: 282014224@qq.com)。

雌蕊各部分长度、颜色、形状等。数据采用平均值±标准误的方式。

2.2 圆齿野鸦椿的花粉活力与柱头可授性检测

采用离体萌发法测定花粉活性。通过预实验,对王改萍等(2009)的培养基进行调整,最终确定适合圆齿野鸦椿花粉的液体培养基为: 15 g·L⁻¹蔗糖、0.02 g·L⁻¹ MgSO₄、0.01 g·L⁻¹ KNO₃、0.03 g·L⁻¹ Ca(NO₃)₂和0.02 g·L⁻¹ H₃BO₃, pH 5.8。培养温度30°C,培养1 h。在盛花期选择2.1中用毛笔标记的生长一致的花蕾,在花药散粉开始至花完全展开每隔0.5 h、花展开至花朵花药散尽、花瓣萎蔫每隔1 h,将一朵花的花药用尖头镊子取下来置于单凹槽载玻片的凹槽处,滴2滴培养液,载玻片置于培养皿中,并在培养皿上放一张滤纸,用培养液将滤纸浸湿,然后放置于恒温箱中黑暗培养,每次3个重复。培养1 h后,用光学显微镜观察花粉萌发情况,花粉管伸长为花粉的2倍视为有活性,随机选取2个视野,进行3次重复。

花粉活力百分率(%)=(具有活力的花粉粒/总花粉粒)×100

采用联苯胺-过氧化氢法测定柱头可授性,取样同2.1中花药的观测方法。将每个时期的5个柱头放入含有染色液的培养皿中(3个重复),约10 min后观察柱头的颜色是否变蓝,有无气泡产生。

2.3 圆齿野鸦椿的花粉/胚珠比(pollen-ovule ratio, P/O)测定

随机采集10朵未开放的花蕾,将全部花药置于2 mL的离心管中,用1 mol·L⁻¹的HCl裂解花药壁,用蒸馏水定容至1 mL,充分摇匀,取1 μL花粉液于载玻片上,用光学显微镜统计花粉粒,3个重复,计算可得单花花粉粒;取该10朵花的子房于体式显微镜下解剖,统计每朵花的胚珠数。依据Cruden (1977)的标准, P/O为2.7~5.4时,繁育系统为闭花受精(cleistogamy); P/O为18.1~39.0时,繁育系统为专性自交(obligate autogamy); P/O为31.9~396.0时,繁育系统为兼性自交(facultative autogamy); P/O为244.7~2588.0时,繁育系统为兼性异交(facultative xenogamy); P/O为2108.0~195525.0时,繁育系统为专性异交(obligate xenogamy)。

2.4 圆齿野鸦椿的杂交指数(outcrossing index, OCI)的估算

按照Dafni (1992)的标准选取样枝上的30朵小

花,进行花序直径、花朵大小和开花行为的测量及繁育系统的评判。评判标准为: OCI为0时,繁育系统为闭花受精; OCI为1时,繁育系统为专性自交; OCI为2时,繁育系统为兼性自交; OCI为3时,繁育系统为自交亲和,有时需要传粉者; OCI为4时,繁育系统为部分自交亲和,异交,需要传粉者。

2.5 圆齿野鸦椿的人工授粉检测

选择3株健康、生长一致的圆齿野鸦椿,按照下述方法进行处理: (1)对照: 不套袋、不去雄,用于检测自然条件下的传粉情况; (2)开花前套袋,不去雄; (3)去雄,套袋,不传粉; (4)去雄,人工同株异花授粉,套袋; (5)去雄,人工异株异花授粉,套袋; (6)去雄,不套袋,自由传粉。每株每种方法套5个硫酸纸袋或挂5个牌,6种处理共挂牌30个,套袋60个,最后对不同处理进行结实率统计:

结实率(%)=(果实数/花蕾数)×100

2.6 圆齿野鸦椿的昆虫访花情况观测

在样地内选择3株正常生长、树体健康具有代表性的植株,每株树的4个方向选取4个花序,做好标记。在盛花期,晴朗天气下连续一周,每天分6个时段: 8:00~8:30、10:00~10:30、12:00~12:30、14:00~14:30、16:00~16:30、18:00~18:30,对每株样树的虫媒访花传粉情况进行观察,对访花昆虫进行拍照、记录;同时将样地中昆虫捕捉并用乙酸乙酯制成标本用以鉴定种类。

实验结果

1 圆齿野鸦椿的开花物候、花形态特征及开花动态

1.1 开花物候

结果表明(图1),研究地区的圆齿野鸦椿花期为5月中旬至6月初,整个花期为19 d (2017年5月16日~2017年6月3日),5月16日该居群第1朵花开放,5月21日达到盛花期,有88.25%左右的花朵开放,盛花期大约持续1周时间,随后进入末花期。圆齿野鸦椿单个花序全部开放需要10~15 d,单花花期约为1 d。与2016年花期统计数据相比,2016年和2017年圆齿野鸦椿的开花动态基本一致,近似正态分布,2017年始花期比2016年有所推迟,可能是2017年5月份雨水多,气温低的原因。

圆齿野鸦椿花序的开花顺序为: 自上而下,由内及外,位于同一生殖枝中上部顶端中间花朵先开放,1~2 d后开放后花序的侧花开放,5~6 d后中

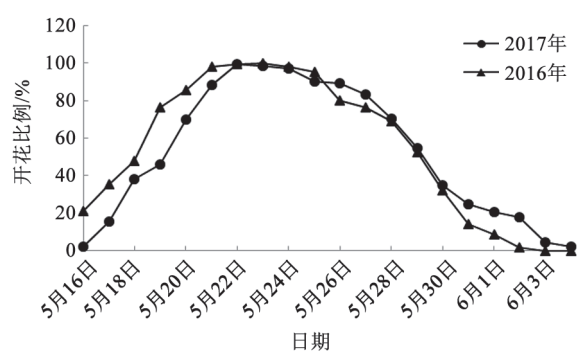


图1 圆齿野鸦椿的开花物候

Fig.1 Flowering phenology of *Euscaphis konishii*

下部花序的顶端花序开放, 此时花序上部开过花的子房已形成果实雏形, 并进入盛花期, 最后下部花序、侧花依次开放。

1.2 花形态

圆齿野鸦椿花序着生于一年生的枝条, 为二歧圆锥聚伞花序, 顶生, 花整齐, 两性, 上位子房下

位花, 花辐射对称, 直径3~5 mm。花萼5裂, 裂片近卵圆形, 花萼长1.3~1.6 mm; 花瓣5, 绿色, 倒卵形, 边缘带白色, 较萼片长1~2 mm, 覆瓦状排列; 雄蕊5, 偶见4或6, 着生于杯状花盘外, 与花瓣互生, 与花瓣近等长或稍短于花瓣, 花丝扁平, 基部膨大, 花药背离花丝向内, 椭圆形; 子房, 3室, 偶见4室。

1.3 单花开花过程

花朵开放分为5个时期(图2和3)。(1)花蕾逐渐膨大, 花萼分裂为5瓣, 花瓣慢慢伸长, 直到顶部裂片松动, 雄蕊藏于花瓣中(图2-A), 花药为浅黄色(图3-A)。(2)花冠裂片全部微张开(图2-B), 可见淡黄色的花药和柱头, 此时, 花药紧包着雌蕊, 花粉囊两侧纵裂, 有少量花粉散出, 花药颜色为淡黄(图3-B)。(3)花萼、花瓣张开角度加大, 花药与柱头全部露出花冠, 花丝角度也张开, 花药与柱头分离(图2-C、D和E), 花药因散粉量增多颜色变深黄(图3-C、D和E)。(4)花瓣完全展开, 花丝也比上一个时期张开的角度大(图2-F), 花散粉量逐渐变少直

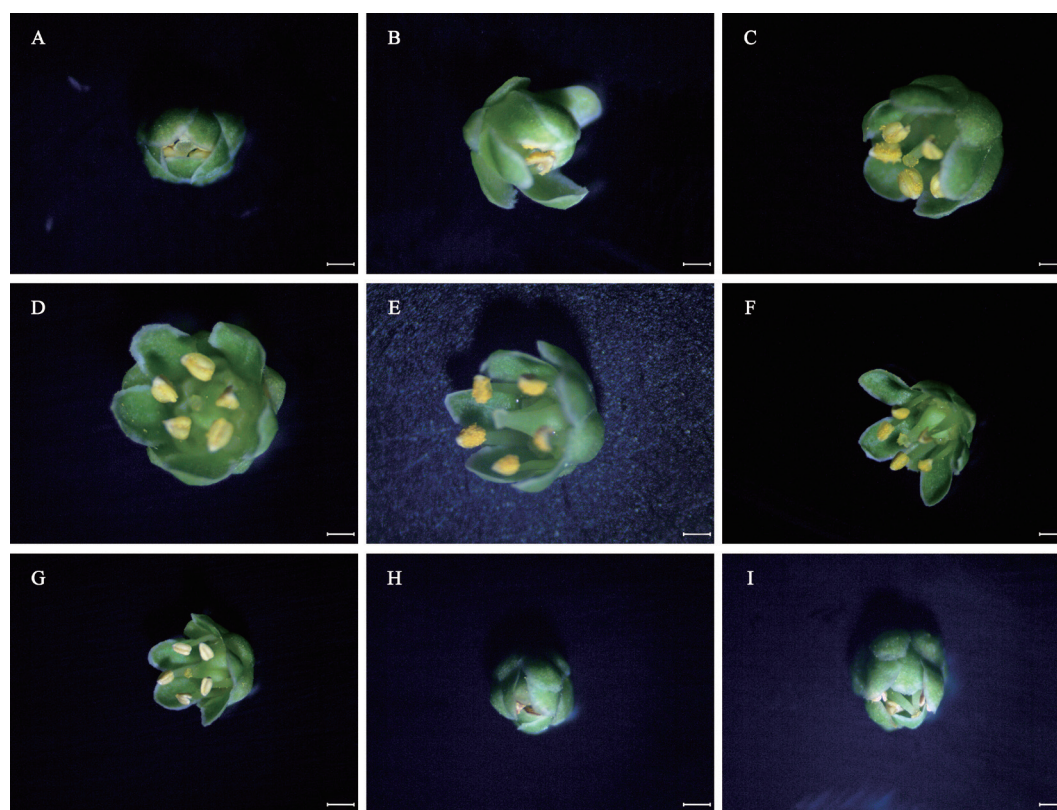


图2 圆齿野鸦椿单花开花动态

Fig.2 Individual flowering dynamic of *Euscaphis konishii*

A: 花蕾时期; B: 始散粉; C: 散粉0.5 h; D: 散粉1 h; E: 散粉2 h; F: 散粉4 h; G: 散粉6 h; H: 散粉12 h; I: 散粉24 h; 图中标尺=2 mm, 20 \times 。图3同此。

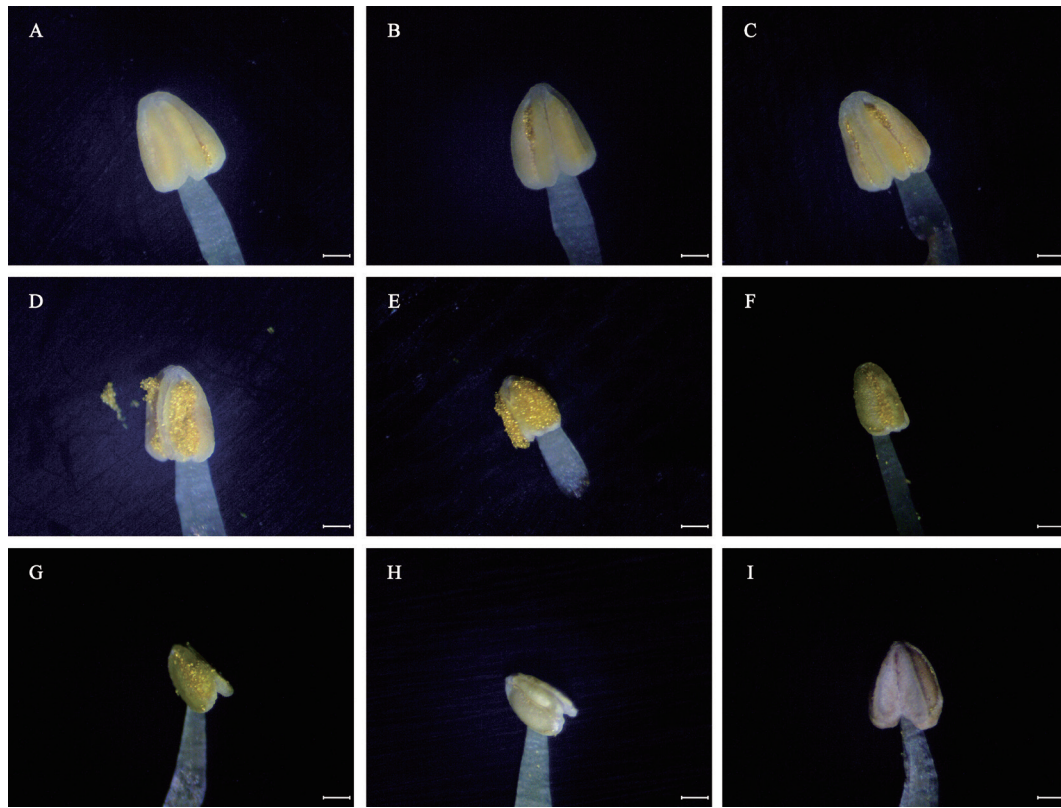


图3 圆齿野鸦椿花药随着开花时间的变化

Fig.3 Changes of anthers during flowering period of *Euscaphis konishii*

到散尽,花药颜色变为淡黄色(图3-F)。(5)待花完全张开4~5 h后,花药慢慢靠近柱头,花瓣和花萼闭合(图2-G、H和I),花药颜色随着花粉的散尽由之前的淡黄转变为淡褐色,最后成为深褐色(图3-G、H和I)。

花朵多在早上、中午开放,下午很少开放,早上或中午开放的花朵从花冠裂片松动到花瓣完全展开需要1.5~2 h,而下午则需要2~3 h。开花过程受天气影响较大,晴天时花瓣裂片展开速度快,散粉也快,整个开花过程相对时间短。阴天或雨天时,花冠裂片展开速度慢,相对时间较长。

2 圆齿野鸦椿的花粉活力与柱头可授性

标记同一时期的圆齿野鸦椿花蕾,测定花药裂开后不同时间的花粉活力与柱头可授性。由图4可看出,刚散粉时其花粉活力低,为13.33%;此后,随着散粉时间的延长,花粉活力逐渐升高,散粉2 h,花粉活力高达90.12%,散粉6 h花粉活力明显下降,24 h时,花粉活力低至0.21%。未散粉时,圆齿野鸦椿柱头无可授性,散粉0.5~1 h,柱头可授性逐渐变

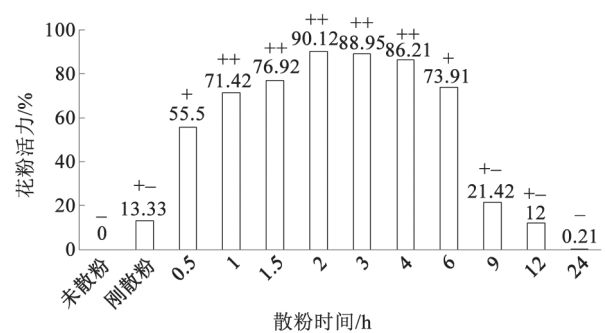


图4 圆齿野鸦椿的花粉活力及柱头可授性

Fig.4 Pollen viability and stigma receptivity of *Euscaphis konishii*

+: 具有可授性; ++: 可授性强; +-: 可授性较低; -: 无可授性。

强,1~4 h柱头可授性强;散粉后6~12 h柱头可授性降低,散粉24 h后柱头不具有可授性。

3 圆齿野鸦椿的花粉/胚珠比(P/O)

圆齿野鸦椿花朵的子房由3(偶见4)心皮组成,每心皮具有胚珠6,偶见8,取10朵花每朵花其胚珠数平均值为 19.2 ± 2.68 ,单花花粉量为 $4\ 878.40 \pm$

345.21, 其花粉/胚珠比率(P/O)为 255.70 ± 46.50 。根据Cruden (1977)的标准, 圆齿野鸦椿的繁育系统为兼性异交。

4 圆齿野鸦椿的杂交指数(OCI值)

根据Dafni (1992)的标准对花序直径、花朵大小及开花行为的测量结果进行记录。结果表明: 圆齿野鸦椿花朵直径(4.37 ± 0.30) mm, 在2~6 mm范围, 记为2; 在花药裂开后柱头具有可授性, 即雌雄蕊几乎同时成熟, 记为0; 花朵开放后其柱头与花药位置空间分离, 记为1。根据以上三项记录, 其杂交指数(OCI)等于3, 表示圆齿野鸦椿繁育系统为自交亲和, 有时需要传粉者。

5 圆齿野鸦椿的人工授粉结果

实验后期对结实率进行统计时, 样树上留存的完整硫酸纸袋数43个, 挂牌数24个。对留存的套袋(挂牌)进行统计(表1)表明: 圆齿野鸦椿不存在无融合生殖现象; 自然条件下结实率为48.76%; 对圆齿野鸦椿进行开花前去雄, 不套袋处理的结果数为7, 其自然授粉结实率为35%, 仅次于自然条件下授粉; 开花前套袋, 不去雄情况下结果数为7, 其自花授粉情况下结实率为14.27%; 同株异花授粉和异株异花授粉结实率分别为20.35%和18.52%。

表1 圆齿野鸦椿不同授粉方式的套袋试验结果

Table 1 Results of different pollinating ways of *Euscaphis konishii*

处理方法	结果数/个	结实率/%
不去雄, 不套袋	47	48.76
不去雄, 套袋	7	14.27
去雄, 套袋, 不授粉	0	0
去雄, 套袋, 人工授同株异花花粉	4	20.35
去雄, 套袋, 人工授异株异花花粉	9	18.52
去雄, 不套袋	7	35.00

6 圆齿野鸦椿的访花者特性

根据连续一周的观察发现, 圆齿野鸦的访花昆虫种类较少, 仅有5类: 膜翅目蜜蜂科3类、膜翅目蚁科1类、双翅目蝇科1类。其中蜜蜂为主要的访花昆虫, 而苍蝇、蚂蚁的数量较少。圆齿野鸦椿处于半开花或花完全展开时, 蜜蜂用口器伸入花内采集花蜜, 部分花药因受外力而散落到蜜蜂身上, 当携带花粉的蜜蜂到下一朵花上采蜜时, 其身体将雌雄蕊压在身下, 使该朵花的花粉散落到

柱头上, 同时也会将自身携带的花粉与柱头接触, 从而完成传粉。苍蝇在花朵上停留时间短, 传粉效率极低, 蚂蚁大多是啃食花部器官或在花部停留, 接触花药、柱头少, 传粉效果极差。

福建省属于亚热带季风气候, 圆齿野鸦椿盛花期气温一般在 $20 \sim 27^\circ\text{C}$ 。由图5可知, 随着气温的升高, 昆虫访花频率逐渐增大, 到14:00~14:30出现造访高峰期($1.06 \text{次} \cdot \text{min}^{-1}$), 其造访次数显著高于早上和傍晚, 随后随着温度的降低频率逐渐减少。

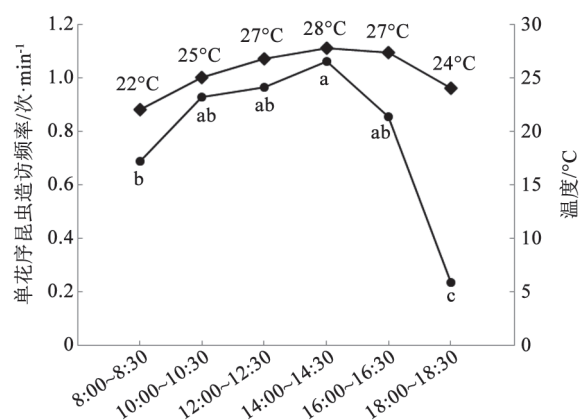


图5 圆齿野鸦椿的单花序昆虫造访频率

Fig.5 The insect visiting frequency of single inflorescence of *Euscaphis konishii*

图中不同的小写字母表示单花序昆虫造访频率有显著差异 ($P < 0.05$)。

讨 论

了解植物花部结构和繁育系统是认识植物生活史的前提, 植物繁育系统以“生殖”为核心影响植物后代遗传特征的全部有性特征, 花朵作为被子植物的生殖器官, 其特征对传粉及交配产生一定影响(刘献凯2012)。对花特征的认识可从花部构成和花的开放方式两个层次来观测, 花部构成指花的结构、颜色、气味等单花特征, 花的开放方式指某一时间开放的数量和在空间排列(Barrett和Harder 1996)。圆齿野鸦椿花朵数量多, 每个花序上大约有200~600朵小花, 整个花序寿命长达15 d, 但其单花花期较短, 约为1 d。在开放过程中, 花的开放无固定时间, 随着花瓣的张开, 黄色的雄蕊露出来, 花粉量变多, 再加上同一花序上有数十朵花开放的花朵, 对访花昆虫具有较大的吸引力。这

种开花不同步且数量多的特性能够保证植物成功完成异花传粉受精过程而确保生殖成功。圆齿野鸦椿花瓣刚张开时,柱头具有可授性,当访花昆虫进行采蜜时,将其身上已携带的花粉与柱头接触,增加异花传粉几率。花瓣完全展开后其雌雄蕊空间分离,也为柱头接受异花花粉提供机会。

花粉活力及柱头可授性长短直接影响授粉、受精及种子结实率,有活力的花粉到达具有可授性的柱头才能完成有效传粉过程(邵清松等2015;郭红超等2014)。研究发现,圆齿野鸦椿的花粉活力与柱头可授性具有一致性。花药刚开裂时花粉活力低,柱头可授性低;随着散粉时间的延长,花粉活力升高,柱头可授性增强;散粉2~4 h,花粉和柱头保持较高的活力和可授性;花粉活力在散粉9 h突降为21.42%,柱头可授性较低,至24 h,花粉散尽,花瓣闭合,柱头不再具有可授性。植物花粉释放和传粉过程具有高度专一和苛刻性(黄利春等2013),短暂的花粉寿命使得圆齿野鸦椿必须具有高效的传粉机制、大量花粉、以及多样化的传粉媒介才能保证传粉成功。圆齿野鸦椿柱头可授性和自花散粉发生重叠,时间上具备自交的可能。此外,在对花形态解剖中发现,花瓣未展开时,雌蕊和雄蕊距离很近,花药开裂为向心方式纵裂,花药开裂时与雌蕊同高,开裂的花药向雌蕊下弯,随着花瓣的展开,雄蕊与雌蕊分离,花粉散粉量增大。花药裂开时,散落的花粉具有低活性力,柱头可授性不强,因此,推测在花瓣未展开至半展开阶段,有活性的花粉散落到自花的柱头上,圆齿野鸦椿有可能会完成自花授粉。这种情况在其他植物传粉试验中也有报道(徐皓和王勇2012;赵桦等2005)。

按照Dafni (1992)的标准进行杂交指数(OCI)估算,结果表明圆齿野鸦椿繁育系统为自交亲和,有时需要传粉者;根据Gruden (1977)的花粉/胚珠比(P/O)标准划分,其繁育系属于兼性异交。人工授粉及套袋试验中发现,人工自花授粉和人工异花授粉后圆齿野鸦椿结实率分别为20.35%和18.52%,表明其自交亲和。自然条件下,植物的自交率是多种原因作用的结果,取决于自身的花粉量、访花昆虫接受外来花粉的时机、数量以及自花花粉和异花花粉在获得受精机会上的竞争能力(孙颖等

2015)。圆齿野鸦椿不去雄、套袋、自花授粉条件下,结实率为14.27%,表明圆齿野鸦椿的花粉在不借助任何外力的情况也能传播到自花柱头上完成受精,进行自发自交。去雄后自由传粉条件下,圆齿野鸦椿结实率为35%,表明有效的传粉媒介可以促进异花授粉。圆齿野鸦椿自然条件下结实率最高,为48.76%,比人工授粉结实率高,说明存在传粉者不足而造成的传粉限制。圆齿野鸦椿不管是自然条件下授粉还是人工授粉结实率均不高,可能是花期会出现掉落花蕾、花朵和花序现象引起的,也可能是人工套袋、授粉等处理对花蕾、花序造成了一定伤害,具体原因还需做相应的研究。相关研究认为,自花传粉是被子植物进化的一种普遍趋势,是植物在恶劣环境中保证繁育成功的一种适应机制。在极端环境下,植物的交配系统有从异花授粉向自花授粉演变的倾向,能够更好的适应恶劣的生存条件(翟新莹等2012)。根据本实验室多年观测,在圆齿野鸦椿花期会出现暴雨,导致传粉媒介受阻,而圆齿野鸦椿能够自花授粉,从而适应恶劣的环境。

参考文献

- Barrett SC, Harder LD (1996). Ecology and evolution of plant mating. *Trends Ecol Evol*, 11 (2): 73-79
- Cruden RW (1977). Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 31: 32-46
- Dafni A (1992). *Pollination Ecology*. New York: Oxford University Press, 1-57
- Guo HC, Yan C, Wei Y (2014). Study on the flowering dynamic, pollen viability and stigma receptivity of *Kochia prostrata*. *Acta Pratac Sin*, 23 (4): 87-93 (in Chinese with English abstract) [郭红超, 严成, 魏岩(2014). 木地肤的开花动态与花粉活力及柱头可授性研究. *草业学报*, 23 (4): 87-93]
- Huang LC, Jin L, Zhang SZ, Li J, Yang Y, Zhang XQ, Wang XJ (2013). Pollen release mechanisms of papilionaceous plants (Faboidae). *Acta Pratac Sin*, 26 (6): 305-314 (in Chinese with English abstract) [黄利春, 金樑, 张树振, 李晶, 杨阳, 张晓强, 王晓娟(2013). 蝶形花亚科植物花粉释放机制. *草业学报*, 26 (6): 305-314]
- Liu XK (2012). Researcher on reproduction and pollination biology of five species of *Lonicera*. Changchun: Northeast Normal University (in Chinese with English abstract) [刘献凯(2012). 五种忍冬属植物繁殖和传粉生物学研究(硕士论文). 长春: 东北师范大学]
- Mao XH, Xun SH, Qiao YL, Sun BY, Zhang YS, Dong YF, Wei X, Zheng YQ (2017). Sexual reproduction characteristic of *Robinia pseudoacacia* and *Robinia neo-mexicana* var. *luxurians*. *Plant Physiol J*, 53 (4): 555-562 (in Chinese with English abstract) [毛秀红, 荀守华, 乔玉玲, 孙百友, 张元帅, 董玉峰, 位晓, 郑勇奇

- (2017). 刺槐和多花刺槐的有性生殖特征. 植物生理学报, 53 (4): 555–562]
- Shao QS, Wang Y, Hu RZ, Zhang WS, Li MY (2015). Pollen viability, stigma receptivity and fruiting characteristics of botanical origin of *Jinxianlian*. *Chin J Chin Pharmacol*, 40 (6): 1061–1065 (in Chinese with English abstract) [邵清松, 王勇, 胡润淮, 张望舒, 李明焱(2015). 金线莲基原植物花粉活力和柱头可授性及结实特征研究. 中国中药杂志, 40 (6): 1061–1065]
- Sun Y, Wang AX, Chen SH, Ma CQ, He M (2015). Floral syndrome and reproductive characteristics of *Adonis amurensis*. *Pratac Sci*, 32 (3): 347–353 (in Chinese with English abstract) [孙颖, 王阿香, 陈士惠, 马翠青, 何淼(2015). 侧金盏花的花部特征与繁育系统观察. 草业科学, 32 (3): 347–353]
- Wang GP, Yang HN, Ni GG, Peng FR (2009). Study on *in vitro* culture conditions of pollens from four tree species of *Catalpa* Scop. *J Plant Resour Environ*, 18 (2): 34–42 (in Chinese with English abstract) [王改萍, 杨红宁, 倪果果, 彭方仁(2009). 楸树等4种梓属树种花粉离体培养条件的研究. 植物资源与环境学报, 18 (2): 34–42]
- Xu H, Wang Y (2012). Study pollination biology of Chinese medicinal material *Corydalis yanhusuo* W. T. Wang. *J Anhui Agric Sci*, 40 (9): 5126–5127 (in Chinese with English abstract) [徐皓, 王勇(2012). 中药材元胡生物学研究. 安徽农业科学, 40 (9): 5126–5127]
- Zhai XY, Ma DT, Wang CZ, Yan XB (2012). Effects of altitude on the mating system of alpine plant. *Acta Pratac Sin*, 29 (4): 640–645 (in Chinese with English abstract) [翟新莹, 马登坦, 王成章, 严学兵(2012). 海拔对高山植物交配系统的影响. 草业科学, 29 (4): 640–645]
- Zhao H, Yang PJ, Peng Q (2005). Biological study of pistil morphology and pollination of *Asarum henryi*. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 25 (5): 923–927 (in Chinese with English abstract) [赵桦, 杨培君, 彭强(2005). 马蹄香雌蕊形态及传粉生物学研究. 西北植物学报, 25 (5): 923–927]
- Zheng JM (2016). Application research of *Euscaphis fukienensis* Hsu in landscape. *J Green Sci Technol*, 11: 146–147 (in Chinese with English abstract) [郑俊敏(2016). 福建野鸦椿在园林中的应用研究. 绿色科技, 11: 146–147]

Stamen dynamics and breeding system of *Euscaphis konishii* Hayata

SUN Wei-Hong, YUAN Xue-Yan, WU Ling-Jiao, XIANG Shuang, ZOU Shuang-Quan*

Fujian Colleges & Universities Engineering Research Institute of Conservation & Utilization of Natural Bioresources, Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: In order to study the flowering characteristics and breeding system of *Euscaphis konishii* Hayata, we observed flower characteristics, floral dynamic and pollination insects during the flowering period. We tested the pollen viability and estimated its stigma receptivity by benzidine-hydrogen peroxide. The breeding system of *Euscaphis konishii* was tested by the pollen-ovule ratio (P/O), the outcrossing index (OCI), and artificial pollination methods. The results showed that the population flower bloomed one time a year from mid-May to early June, and the flowering order of the cymes inflorescence of *Euscaphis konishii* was from top to bottom, from the inside to outside. The life span of individual flower was one day. *Euscaphis konishii* was a plant with bisexual flowers that were small. Each flower had 5 stamens, sometimes 4 or 6, and ovary synthesized from 3 carpels. Floral syndrome could attract pollinators. The pollen viability reached the maximum at 2 hours after anthers shedding, and stigma receptivity was increased after bloom. The value of P/O was about 255.70 ± 46.50 and the out-crossing index was 3. The experimental results of artificial bagging show that *Euscaphis konishii* was apogamous and have the highest fruit setting rate, only 48.76%, and the fruit setting rate of naturally self-pollination flowers was lower than that of artificial pollination flowers, indicating the existence of pollination restriction caused by the insufficiency of pollinators. In sum, the reproductive system of *Euscaphis konishii* could be determined as facultative outcrossing, self-compatible and pollinators depended.

Key words: *Euscaphis konishii* Hayata; flowering dynamics; breeding system; pollen viability; stigma receptivity

Received 2017-09-11 Accepted 2017-11-30

This work was supported by the Fujian Science and Technology Innovation Leading Talent Support Project (Grant No. 118-KRC16006A).

*Corresponding author (E-mail: 282014224@qq.com).