

喜树开花特性及繁育系统的研究

王翠翠¹, 刘文哲^{1*}, 张莹²

(1. 西北大学生命科学学院, 西安 710069; 2. 西安植物园, 西安 710061)

摘要:定位观测了喜树(*Camptotheca acuminata* Decne)花部构造、开花特性, 用杂交指数(OCI)、花粉/胚珠比(P/O)、去雄、套袋、人工授粉等方法测定了喜树的繁育系统。结果表明:喜树花序为由4~6个头状花序组成的聚伞花序, 聚伞花序上部的头状花序由两性花组成, 下部的花序由雄花组成, 两性花雌雄蕊发育正常, 雄蕊10枚, 雌蕊1枚, 下位子房, 一室, 倒生胚珠; 雄花雄蕊发育正常, 雌蕊不发育。自然条件下, 同一头状花序散粉后2 d, 花粉活力最高; 两性花在柱头外翻后3~4 d, 柱头可受性最强, 第6天失去可受性。喜树两性花为半同步雌雄蕊异熟类型, 每个头状花序的所有小花同步开放, 雄蕊先成熟, 表现为雄性时期, 雄蕊脱落后, 雌蕊成熟, 表现为雌性时期, 上一级头状花序雌蕊成熟期与下一级头状花序雄蕊成熟期重合。繁育系统检测结果为部分自交和异交, 需要传粉者活动才能完成授粉过程。

关键词:喜树; 开花特性; 半同步雌雄蕊异熟; 繁育系统

中图分类号: Q944.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2009)03-0275-08

Flowering Characteristics and Breeding System in *Camptotheca acuminata* Decne

WANG Cui-cui¹, LIU Wen-zhe^{1*}, ZHANG Ying²

(1. College of Life Sciences, Northwest University, Xi'an 710069, China; 2. Xi'an Botanical Garden, Xi'an 710061, China)

Abstract: The floral morphology and flowering characteristics in *Camptotheca acuminata* Decne were investigated. Breeding system was characterized by outcrossing index (OCI), pollen-ovule ratio (P/O), and the outcome of bag test and artificial pollination experiment. The results showed that the inflorescences of *C. acuminata* were cymes, each of which was composed of 4~6 capitula. Within a cyme, the 3~4 distal capitula were composed of hermaphroditic florets, while the 1~2 proximal capitula were composed of male florets. There were one pistil and ten stamens in each hermaphroditic floret. Each pistil possessed an inferior ovary containing an anatropous ovule. The male florets had normal stamens, but had no pistil. The pollen vigor in a capitulum reached its peak in the 2nd day after the pollen dispersal. The stigmatic receptivity reached its peak in 3rd and 4th days in the hermaphroditic florets. Stigma lost its receptivity completely on 6th day after it reflexed outward. *C. acuminata* was hemisynchronously dichogamous, and all florets of a capitulum bloomed synchronously. The male phase came first, in which the stamen matured. Then came the female phase, in which the pistil matured. The female phase of capitula in one order overlapped with the male phase of those in the next order in the same cyme. *C. acuminata* were outcrossing, partly self-compatible, and insect-assisted during the pollination.

Key words: *Camptotheca acuminata* Decne; Flowering characteristics; Hemisynchronous dichogamy; Breeding system

喜树(*Camptotheca acuminata* Decne)为山茱萸目(Cornales)蓝果树科(Nyssaceae)喜树属植物, 落叶

阔叶乔木, 我国特有树种, 分布于长江流域和西南各省^[1]。喜温暖气候, 不耐严寒。喜树碱和10-羟

基喜树碱是喜树中所含的吲哚类生物碱^[2],具有显著的抗癌活性,是迄今为止发现的唯一专门通过抑制拓扑异构酶发挥细胞毒性的天然药物^[3]。另外,喜树树形优美,生长速度快,是一种很好的园林绿化植物。近年来,对喜树研究重点集中在喜树碱及其衍生物的分布^[4-5]、提取^[6-7]、合成^[8]、开发利用^[9]等方面,而对于喜树的繁育生物学的研究很少,仅见于陈令静等^[10]对喜树传粉生物学的研究报道。为此本文对喜树花性、开花时序特征及繁育系统进行研究,以期掌握喜树开花生物学规律,提高喜树结实率。

1 材料和方法

1.1 植物材料

喜树(*Camptotheca acuminata* Decne)为西北大学生物园和西安植物园的栽培植株。西北大学生物园栽培的喜树,于 2003 年 1 月移栽自贵州六盘水 1 a 生的实生苗,2006 年第一次少量开花并结实,2007 年大量开花。西安植物园的喜树于 1972 年移栽于四川广元,每年正常开花结实。

1.2 开花生物学特性观测

从 2007 年 6 月到 9 月初果实开始成熟为止,标记特定花序,每天定时定位观察花的形态特征并拍照记录。

1.3 解剖学观察

根据花发育过程,从 2007 年 5 月 1 日起定期采集不同发育时期的花。经 FAA(50% 乙醇:冰醋酸:甲醛 = 90: 5: 5)固定,常规石蜡切片,切片厚度 6~8 μm ,铁矾-苏木精染色,中性树胶封片,Leica DMLB 普通显微镜观察并照相。

1.4 花粉活力和柱头可授粉性检测

从 7 月 5 日开始,每天 12:00 采集 10 个不同部位的头状花序的小花各 10 枚,用 TTC(2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride)法测定花粉的活力和寿命;自柱头外翻后开始,每天 12:00 采集 10 个不同部位的头状花序的小花各 10 枚,用联苯胺-过氧化氢法^[11]测定柱头的可授粉性。

1.5 杂交指数(OCI)估算

按照 Dafni^[11]的标准进行花序直径、花朵大小和开花行为的测量及繁育系统的评判。具体方法:(1)花朵或花序直径 < 1 mm 记为 0, 1~2 mm 记为 1, 2~6 mm 记为 2, > 6 mm 记为 3;(2)花药开裂时

间与柱头可授期之间的时间间隔,同时或雌蕊先熟记为 0,雄蕊先熟记为 1;(3)柱头与花药的空间位置,同一高度记为 0,空间分离记为 1。三者之和为 OCI 值。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。

1.6 花粉-胚珠比的估算

随机选取喜树即将开放的花朵(花药未开裂)共 30 个,分别将各花朵的花药(1 枚)挤碎于含有醋酸洋红染液和去垢剂的乙醇溶液中;转移到 10 mL 容量瓶内,仔细冲洗花药壁、镊子和刀片以防材料丢失,定容;取 10 μL 于血球计数板上,在显微镜下统计其花粉粒数目;取其平均值乘每朵花雄蕊数(10)再乘 100 算出每个花朵的花粉粒总数。解剖镜下剥离子房,取出胚珠,统计胚珠数目。每朵花的 P/O 比为该花的花粉总数除以胚珠数目。

按 Cruden^[12]的标准, P/O 为 2.7~5.4 时,其繁育系统为闭花受精;P/O 为 18.1~39.0 时,繁育系统为专性自交;P/O 为 31.9~396.0 时,繁育系统为兼性自交;P/O 为 244.7~2 588.0 时,繁育系统为兼性异交;P/O 为 2 108.0~195 525.0 时,繁育系统为专性异交。

1.7 套袋实验

采用硫酸纸套袋的方法,进行下列处理:①对照:不套袋、不去雄,自由传粉,用于检测自然条件下的传粉情况;②异花授粉:不去雄、套袋,同株异花之间及异株异花之间人工授粉,检测是否受精;③去雄,套网袋,检测风媒传粉的效果;④不去雄,套袋,检测是否有同一头状花序内的自花传粉。

2 结果

2.1 喜树开花习性

喜树花序为混合花序,由 30~90 朵无柄小花着生于膨大的花序轴顶端,形成近球形的头状花序,直径 1.5~2 cm,再由 4~6 个头状花序组成一个聚伞花序(图版 I:1),总花梗长 4~6 cm。喜树花由两性花和雄花构成,同株。位于聚伞花序上部的 3~5 个头状花序由两性花组成,而最下部 1~2 个头状花序由雄花组成(图版 I:2)。喜树实生苗一般要生长 5~6 a 后才能开花。喜树花原基五月初形

成, 6 月底 7 月初开花, 开花时间持续 20~30 d。聚伞花序轴顶端的头状花序最先开放, 然后向下各级侧轴上的头状花序依次开放。开花时, 同株上不同花序轴顶端的头状花序在同一天开放, 6~7 d 后, 下一级侧轴的头状花序开放, 这时顶端花序的柱头已外翻。当雌蕊完全发育成型, 柱头外翻时, 雄蕊已全部脱落, 下一级侧轴上的头状花序的雄蕊已发育成熟并外露。其它各级侧轴的头状花序以同样的时序依次开放, 但间隔时间 1 d 左右。末级 1~2 个头状花序小花数量约为顶部的 1/2, 为雄花序。喜树花期结束后, 一个聚伞花序只有顶端 2~4 个头状花序存留, 子房膨大, 并进一步发育成果实。下部 2~3 个头状花序脱落。开花时序的特征见表 1。

在对西北大学和西安植物园两栽培地点喜树开花习性的观察中发现, 栽于西北大学喜树的花期要比西安植物园早 20 d 左右。

2.2 花器官的的形态结构

两性花 喜树每朵小花外有 3 枚三角形苞片(图版 I : 19), 花萼杯状, 5 浅裂; 喜树花的花萼筒

与子房壁完全愈合, 上部形成肉质垫状花盘, 花盘表面由一层具分泌功能的乳突细胞构成, 其下有 10~15 层细胞质浓厚的产蜜组织(图版 II : 20); 花瓣 5 枚, 淡绿色, 早落; 雄蕊 10 枚, 外轮 5 枚较长, 内轮 5 枚较短, 着生于花盘边缘(图版 I : 18); 花丝细长, 长约 5 mm; 花药黄色, 4 室, 长约 1 mm; 两性花具下位子房、一室(图版 II: 22), 具 1 下垂的倒生胚珠, 珠柄着生于子房室上部一侧, 珠孔向上(图版 II: 23); 花柱长 4 mm, 位于花盘中央, 花柱中央有中空的花柱道(图版 II: 24), 为开放型花柱, 花柱道周围的特殊细胞为通道细胞, 具内突, 周围是维管束(图版 II: 24); 柱头三裂(图版 I : 19), 外翻, 柱头表面具乳突细胞。

雄花 形态与两性花相似, 具花盘蜜腺(图版 II: 25), 只具短花柱、子房不发育(图版 II: 26)。

2.3 花粉活力与柱头的可受性

2.3.1 花粉活力检测

喜树最顶端花序于 7 月 5 日最先开放, 由图 2 可以看出, 5~8 日花粉活力都在 70% 以上, 6 日花粉活力最高, 约为 91%。8 日后花粉活力明显下

表 1 喜树开花时序的特征(以最顶端花序为例)

Table 1 The chronological flowering sequence of <i>Camptotheca acuminata</i> in the distal capitulum		
日期 Date (M/D)	花形态 Morphology of flowers	图版 Plate
7/4	花瓣裂开 Floret petals dehisced	I: 3
7/5	1~2 枚雄蕊露出花冠外 1~2 stamens exserted	I: 4
7/6	花瓣完全展开, 5 枚长雄蕊完全外露 Petals expanded fully, five long stamens exserted	I: 5
7/7	花瓣脱落, 5 枚长雄蕊完全展开、5 枚短雄蕊露出 Petals fell off. Five long stamens expanded fully, and five short stamens exserted	I: 6
7/8	长雄蕊脱落, 5 枚短雄蕊完全展开, 花盘中央露出花柱, 柱头已形成三裂, 但未外翻 Long stamens shed off. Five short ones expanded fully. Style emerged in the center of the floral disc. Stigma became trilobate	I: 7
7/9	长雄蕊完全脱落, 花柱继续伸长 Long stamens shed off. Style elongated	I: 8
7/10	短雄蕊开始脱落, 花柱继续伸长, 此时花柱长 2~3 mm Short stamens started shedding off. Style elongated to 2~3 mm long	I: 9
7/11	柱头外翻, 下一级头状花序开放, 5 枚花瓣裂开 Three lobes of stigma reflexed outward. Floret petals in the next order capitula dehisced	I: 10,11
7/12	花柱继续伸长, 二、三级花序中小花的 1~2 枚雄蕊露出花冠外 Style elongated, 1~2 stamens of florets in 2nd and 3rd order capitula exserted	I: 12
7/13	二、三级花序雄蕊展开 Stamens in 2nd and 3rd order capitula expanded	I: 13
7/14	花柱干枯 Style withered	I: 14
7/15	花柱脱落 Style shed off	
7/20	末级雄花开放, 此时二、三级花序柱头已外翻 Stigmas in 2nd and 3rd order capitula reflexed outward, males florets in the lowest capitulum bloomed	I: 17
7/16~9/30	果实膨大期 Fruit enlarging stage	I: 15
10/1~11/15	果实成熟期 Fruit maturing stage	I: 16

以后各级花序的开放顺序与最顶端花序相同。The flowering in lower order capitula followed the same sequence.

降。2~4 级花序自 7 月 12 日开始开放,13~15 日活力都在 80% 以上,这时最顶端花序柱头已成熟并外翻,可以很好地接受来自下部的花粉,13 日花粉活力最高,17 日后花粉活力明显下降,这一时期也与喜树的盛花期相符合。最末 1~2 级花序为雄花序,数量较少,自 20 日开始散粉时,其花粉活力就在 80% 以上,直到 24 日后花粉活力低于 70%,由图 2 可以看出,3 种花序都是在开放一天以后花粉活力达到最大值,约为 91%,而且喜树 2~4 级花序和最末级花序花粉活力持续时间比最顶端花序时间长,这也保证了最顶端花序有足够的花粉来完成授粉。7 月末喜树花开放完毕。

2.3.2 柱头可受性

喜树花的柱头在柱头外翻后 1~2 d 一直具微弱的可受性,第 3~4 天过氧化物酶活性较高,第 6 天柱头呈紫红色,过氧化物酶活性降低,有些柱头上已检测不到过氧化物酶活性,第 7 天柱头呈紫黑色,检测不到过氧化物酶活性。柱头可受性最高的时候,也正是下级花序花粉活力最高时,这就保证了其受粉率。

2.4 有性繁育系统检测

根据 Dafni^[11]的标准,喜树头状花序直径 9.00~12.00 cm,记为 3。喜树植株可同时具雄花与两性花,虽然两性花雄蕊先成熟,但在两性花柱头可授期均有下级花序花药开裂散粉,雌雄器官虽然在空间上明显分离,但在时间上并没有暂时的分离,使

得喜树杂交指数达到 4,该树种的繁育系统为异交、部分自交亲和、需要传粉者。依据 Cruden^[12]标准,每朵两性花胚珠数为 1,其花粉-胚珠比(P/O)均高于 2500(表 3),繁育系统属于专性异交。

2.5 花序数目与结实率

喜树最顶端花序的小花数量最多,约 59~65 朵,2~4 级花序小花数量为 53~58 朵,最末级雄花序数量最少,约为最顶端的 1/2。雄花序不结果,最顶端花序结实率为 80.21%,高于 2~4 级花序的 67.12%。2~4 级花序小花数量多,其开放时为喜树盛花期,有足够的花粉为最顶端花序传粉,因此顶端花序结实率高。喜树雄花序数量少,开放较晚,没有足够的花粉为其以上各级传粉,因此侧级花序结实率低于顶端花序。

2.6 套袋试验结果

由表 4 可知,去雄套网袋,结实率为 0,表明喜树无风媒传粉现象;不去雄套袋,结实率为 0,表明喜树不存在同一头状花序内的自花传粉;同株自花人工授粉结实率较高,说明喜树具自交亲和性;而且其异株异花人工授粉结实率低于同株自花授粉,说明喜树具较高的自花传粉倾向。

3 讨论

3.1 喜树花的形态结构

《中国植物志》记录喜树花序是由 2~9 头状花

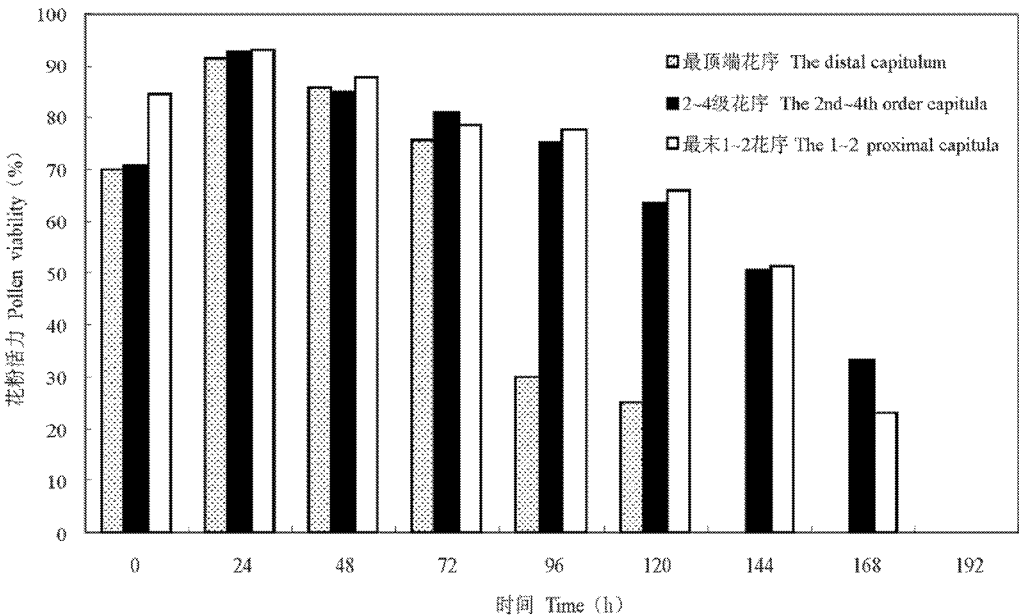


图 2 喜树花粉活力变化
Fig. 2 Temporal variation of pollen viability in *Camptotheca acuminata*

表 3 喜树 OCI 和 P/O 比观测结果

Table 3 The OCI and P/O of *Camptotheca acuminata*

	结果 Result	繁育系统类型 Breeding system type
花序直径 Capitulum diameters	3	
雌雄时间分离 Temporal separation of ♀ and ♂	0	
雌雄空间分离 Spatial separation of ♀ and ♂	1	
杂交指数 Outcrossing index (OCI)	4	繁育系统为部分自交亲和, 异交, 需要传粉者 Out-crossing, partly self-compatible, requiring pollinator
花粉粒大小 Pollen size (μm)	26 ~ 41	
每朵花的花粉数目 Pollen number per floret	7180 ~ 7980	
每朵花的胚珠数目 Ovule number per floret	1	
花粉-胚珠比 Pollen-ovary ratio (P/O)	7180 ~ 7980	专性异交 Out-crossing

表 4 喜树繁育系统的检测

Table 4 The breeding system of *Camptotheca acuminata*

	花序数目 Number of capitula	花数 Total florets	果数 Number of fruits	结实率(%) Fruit setting
去雄套袋 Isolation after emasculation	10	478	0	0
不去雄套袋 Isolation without emasculation	10	493	0	0
人工同株自花授粉 Artificial autogamy	10	501	459	91.62
人工异株异花授粉 Artificial xenogamy	10	513	457	85.08
自然授粉 Natural pollination	10	490	372	75.92

序组成圆锥花序。但从喜树头状花序的开放次序来分析,位于最顶端的头状花序最先开放,然后依次各侧轴的花序开放,最下级的头状花序最后开放,显然是一种有限花序。因此,将喜树花序记录为由 2~9 头状花序组成的聚伞花序更为恰当。

喜树花大部分为两性花,由两性花所构成的头状花序总是分布在聚伞花序的上部,只有在聚伞花序最末级侧轴的 1~2 个头状花序由雄花构成,这些由雄花所构成的花序,开放时间要比上部晚 20~30 d,这些雄花没有发育的雌蕊。喜树不存在雌性花,《中国植物志》报道喜树顶端花序为雌花。我们的研究表明,所谓的雌花实为两性花的雌性时期。

3.2 喜树繁育系统类型

自然界绝对自交或杂交的植物类群很少,大多是两者兼而有之并采取混和交配的繁殖对策模式^[13]。喜树杂交系数显示其繁育系统为部分自交亲和、异交、需要传粉者,而花粉-胚珠比显示其繁育系统为专性异交,这两种结果不完全一致。P/O 值测定虽然比较简单快速,但正确性相对较低。杂交系数检测是从植物的表观形态适应于虫媒传粉的角度入手,因而一般以其测试数据为传粉结果的

依据更为真实可靠。同时,同株自花人工授粉后,喜树具较高结实率,这也说明喜树具较强的自交亲和性。因此,喜树繁育系统为自交和异交并存的混合交配型。

3.3 喜树的传粉方式

由于喜树花为半同步雌雄蕊异熟类型^[14],每个头状花序中所有花的雄蕊均同时成熟,表现为雄性时期,随后脱落,然后雌蕊才露出柱头,表现为雌性时期。而对整个花序来说,上部头状花序先开放,下部花序以相隔 5~7 d 陆续开放。这种雌雄异熟现象是喜树避免同一头状花序内自交的适应机制,即不存在同一头状花序的小花间自花传粉,套袋实验进一步证实这一现象。喜树的传粉方式虽然可避免同一头状花序内或同一小花内的自交,但同一聚伞花序中上部的头状花序雌性成熟时期与下一级头状花序雄性成熟时期重合,因此无法避免同一聚伞花序内不同头状花序间的传粉,以及同株内不同花序间的传粉。

喜树通过虫媒传粉,这与同属的珙桐的传粉方式相同。陈令静等^[11]观察到 20 多种昆虫参与了喜树的传粉活动,主要包括蜂类、蝶类、蝇类和蚁类。喜树花形成了一系列与虫媒传粉相适应的特征。

虽然喜树每朵小花体积较小,花瓣颜色也不鲜艳,但喜树许多小花着生在同一膨大的花序轴顶端,形成球形的头状花序,位于同一头状花序上的小花同时开放,形成一个传粉招引单位。同时,喜树花盘发达,形成蜜腺,雄蕊完全开放时,也是蜜腺产蜜的高峰期,以达到吸引昆虫传粉的目的。因此按照喜树的开花习性把不同花期的喜树品种种植在同一区域,可以明显增加受粉机率。由于喜树为虫媒传粉,在喜树开花期间人工放养蜜蜂也可以提高传粉率。两项措施结合,将可以大大提高其结实率和果实产量。

参考文献

[1] Delectic Florae Reipublicae Popularis Sinicae Agendae Academiae Sinicae Edita(中国科学院中国植物志编辑委员会). Nyssaceae [M]// Flora Reipublicae Popularis Sinicae Tomus 52 (2). Beijing: Science Press, 1983: 144-147.(in Chinese)

[2] Wall M E, Wani M C, Cooke C E, et al. Plant antitumor agents, the isolation and structure of camptothecin, a novel alkaloidal leukaemia and tumorinhibitor from *Camptotheca acuminata* [J]. J Amer Chem Soc, 1966, 88: 3888-3890.

[3] Hisang Y H, Herizberg R, Hechts S, et al. Camptothecin induces protein-linked DNA breaks via mammalian DNA topoisomerase [J]. J Biol Chem, 1985, 260(27): 14873-14878.

[4] Liu W Z, Carpenter S B, Bourgeois W J, et al. Variations in the secondary metabolite camptothecin in relation to tissue age and season in *Camptotheca acuminata* [J]. Tree Physiol, 1998, 18: 265-270.

[5] Lopez-Meyer M, Nessler C L, McKnight T D. Sites of accumulation of the antitumor alkaloid camptothecin in *Camptotheca acuminata* [J]. Planta Med, 1994, 60: 558-560.

[6] Wang Y(王洋), Yu T(于涛), Zhang Y H(张玉红), et al. Study on extraction of camptothecin by NaOH AQ [J]. Bull Bot Res(植物研究), 2000, 20(4): 433-437.(in Chinese)

[7] Yan X F(阎秀峰), Wang Y(王洋), Yu T(于涛), et al. Determination of camptothecin in leaves of *Camptotheca acuminata* by HPLC [J]. J Instrum Anal(分析测试学报), 2002, 21(2): 15-17.(in Chinese)

[8] Feng J C(冯建灿), Zhang Y J(张玉洁), Tan Y D(谭运德), et al. The development in research on *Camptotheca acuminata* and utilization of camptothecin [J]. Sci Silv Sin(林业科学), 2000, 36(5): 100-108.(in Chinese)

[9] Maldonado-mendoza I E, Vincent R M, Nessler C L. Molecular characterization of the three differentially express members of the *Camptotheca acuminata* 3-hydroxy-3-methylglutaryl COA reductase (HMGR) gene family [J]. Plant Mol Biol, 1997, 34: 781-790.

[10] Chen L J(陈令静), Qian N F(钱南芬), Wang F X(王伏雄). The embryology of *Nyssa sinensis* Oliv [J]. Acta Phytotax Sin(植物分类学报), 1991, 29(6): 504-510.(in Chinese)

[11] Dafni A. Pollination Ecology [M]. New York: Oxford Unit Press,

1992: 59-89.

[12] Cruden R W. Pollen ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants [J]. Evolution, 1977, 31(1): 32-46.

[13] He Y P(何亚平), Liu J Q(刘建全). A review on recent advances in the studies of plant breeding system [J]. Acta Phytoecol Sin(植物生态学报), 2003, 27(2): 151-163.(in Chinese)

[14] Zhang D Y(张大勇). Plant life-history Evolution and Reproductive Ecology [M]. Beijing: Science Press, 2004: 285-296.(in Chinese)

图版说明

图版 I

1. 由 4 个头状花序组成的聚伞花序; Bar=9 mm
2. 聚伞花序基部侧轴上的头状花序; Bar=1 mm
3. 花瓣裂开; Bar=3 mm
4. 1~2 枚雄蕊已伸出; Bar=4 mm
5. 外轮 5 枚雄蕊完全展开; Bar=4 mm
6. 10 枚雄蕊展开; Bar=4 mm
7. 外轮 5 枚雄蕊开始脱落; Bar=4 mm
8. 仅剩内轮 5 枚雄蕊; Bar=5 mm
9. 仅剩花柱但柱头未外翻; Bar=4 mm
10. 柱头外翻; Bar=5 mm
11. 聚伞花序下级的头状花序开放; Bar=14 mm
12. 2,3 级花序 1~2 枚雄蕊露出; Bar=13 mm
13. 2,3 级花序花瓣脱落; Bar=15 mm
14. 最顶端花序柱头干枯; Bar=15 mm
15. 膨大的果实; Bar=8 mm
16. 成熟果实; Bar=15 mm
17. 最末级雄花序开放; Bar=12 mm
18. 雄蕊开放, 柱头尚未露出; Bar=1 mm
19. 雄蕊脱落后, 雌蕊发育成熟. Bar=1 mm

图版 II

1. 花盘放大, 示蜜腺结构; Bar=15 μ m
2. 花药横切面, 示 4 个花粉囊; Bar=15 μ m
3. 花纵切面, 示下位子房及花盘蜜腺; Bar=4 mm
4. 下垂的倒生胚珠及其中的胚囊; Bar=13 μ m
5. 花柱横切面, 示中空的花柱道; Bar=12 μ m
6. 雄花纵切面, 示未发育的子房; Bar=20 μ m
7. 雄花中未发育子房放大. Bar=10 μ m

Explanation of plates

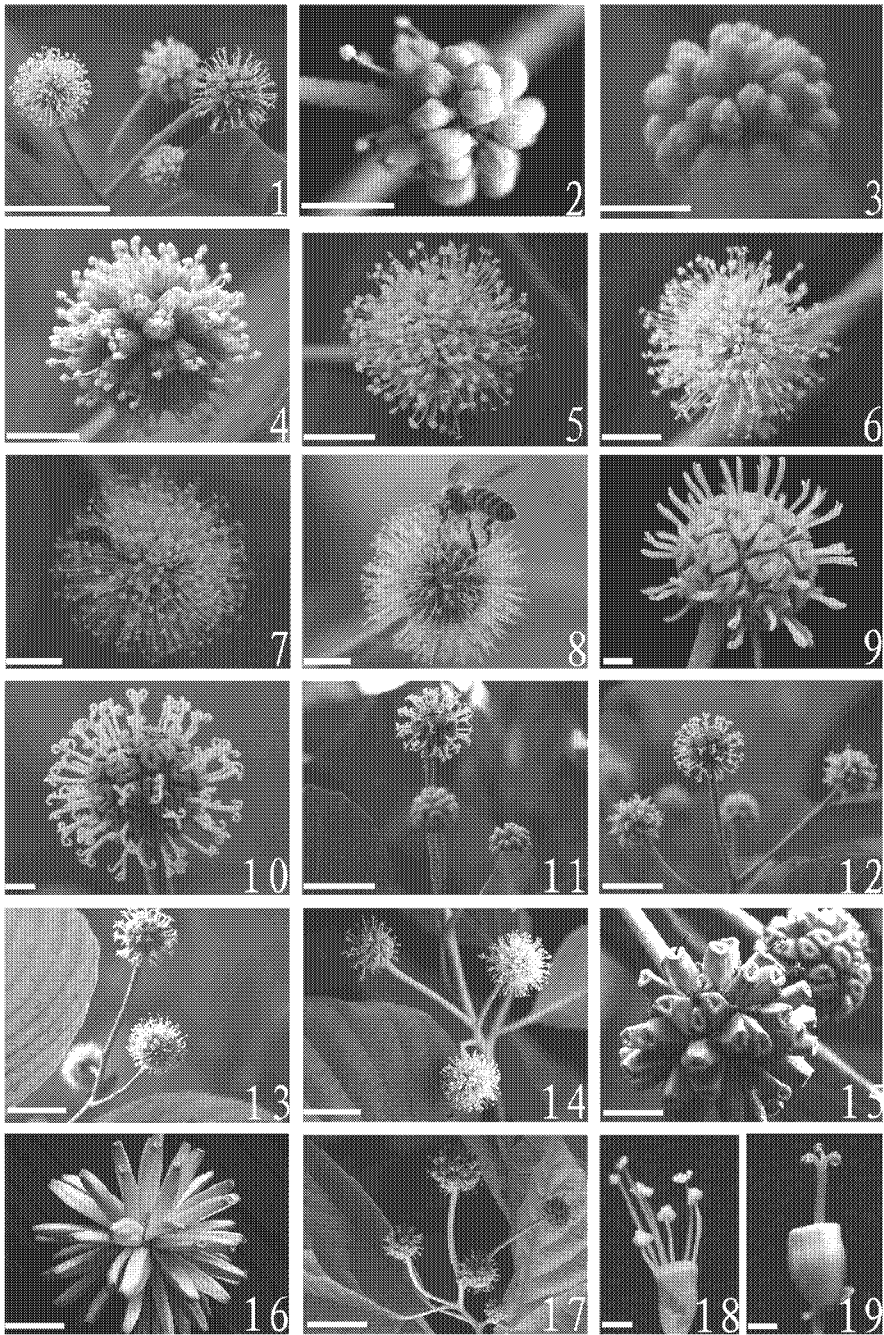
Plate I

1. Cyme is composed of 4 capitula; Bar=9 mm
2. The proximal capitulum of a cyme; Bar=1 mm
3. Petals dehisced; Bar=3 mm
4. 1~2 stamens exerted; Bar=4 mm
5. The outer whorl of stamens expands fully; Bar=4 mm
6. 10 stamens expand; Bar=4 mm
7. The outer whorl began to drop; Bar=4 mm
8. The capitulum, only leaving the inner whorl of stamens; Bar=5 mm
9. Lobes of stigma didn't reflex; Bar=4 mm

- 10. Lobes of stigma reflexed; Bar=5 mm
- 11. The cyme which the secondary capitulum began to bloom; Bar=14 mm
- 12. 1~2 stamens of the 2nd and 3rd capitula exserted; Bar=13 mm
- 13. Petals of the 2nd and 3rd capitula fell off; Bar=15 mm
- 14. Stigmas of the distal capitulum fade; Bar=15 mm
- 15. The inflated fruit; Bar=8 mm
- 16. The matured fruit; Bar=15 mm
- 17. The male capitulum dehiscid; Bar=12 mm
- 18. Stamens expanded and stigmas didn't emerge; Bar=1 mm
- 19. Stamens fell off and the pistil matured fully. Bar=1 mm

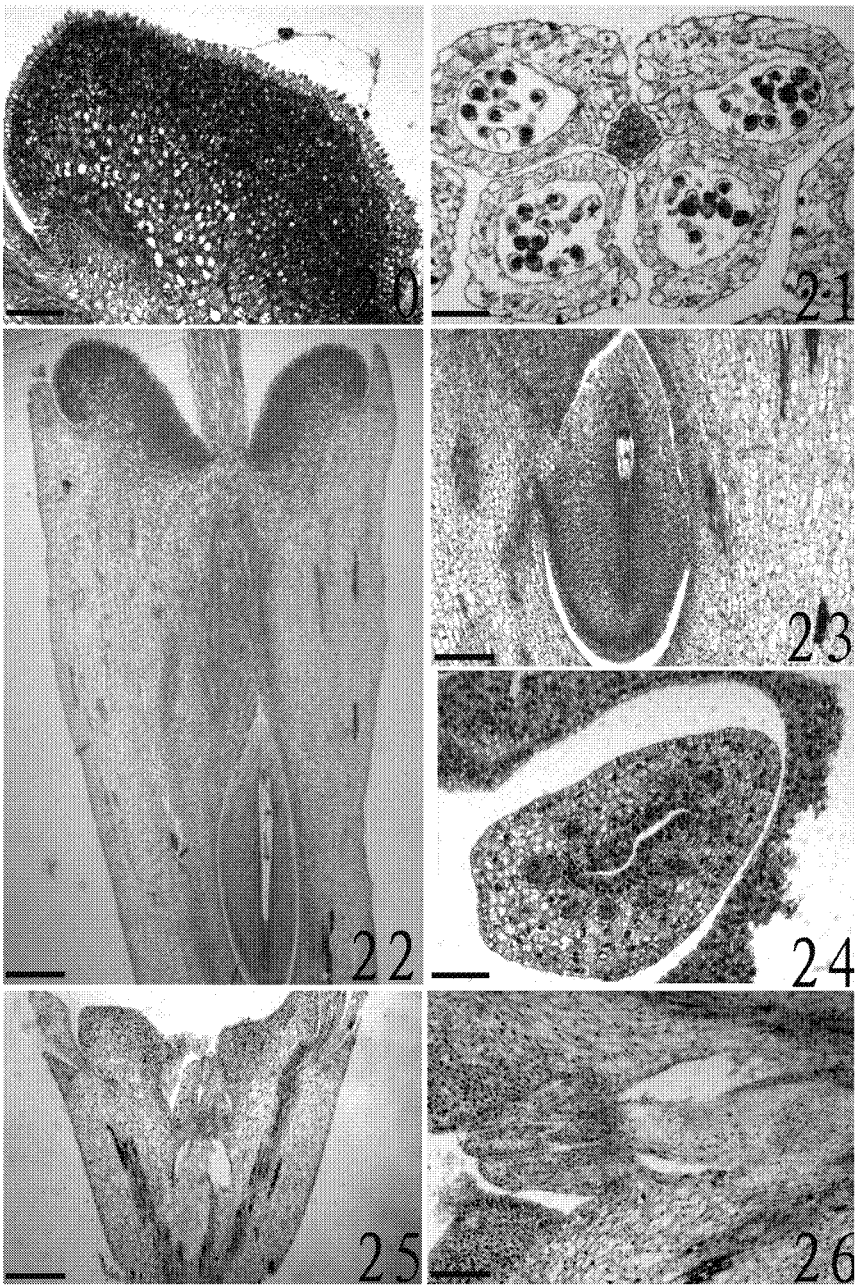
Plate II

- 1. An amplificatory floral disc, showing structure of the nectary; Bar =15 μ m
- 2. The cross section of the anther; Bar=15 μ m
- 3. The longitudinal section of a floret, showing the inferior ovary and the floral disc; Bar=4 mm
- 4. The inferior ovule and the inner embryo sac; Bar=13 μ m
- 5. The cross section of stigma, showing style canal; Bar=12 μ m
- 6. The longitudinal section of a male floret, showing undeveloped ovule; Bar=20 μ m
- 7. An amplificatory undeveloped ovule of the male floret. Bar=10 μ m



王翠翠等:图版 I

WANG Cui-cui et al.: Plate I



王翠翠等:图版 II

WANG Cui-cui et al.: Plate II