

海芋与其传粉昆虫的共生关系

曾杏俐, 张燕, 黄诗雯, 吴文珊

(福建师范大学生命科学学院, 福州 350117)

摘要: 野外观察海芋 (*Alocasia odora*) 的开花过程, 了解传粉昆虫在海芋肉穗花序内的访花行为, 研究结果表明: 海芋肉穗花序下部为雌花, 上部为雄花, 雌花与雄花之间为不孕雄花。通常是雌花先成熟, 待雌花授粉完毕后, 雌花部分的佛焰苞闭合, 雄花才开始成熟散粉, 传粉昆虫在雌花内完成授粉后就往上爬至不孕雄花和雄花处取食、产卵并携带雄花散落的花粉, 待散粉结束后, 传粉昆虫飞到另一株处于雌花阶段的海芋雌花部分继续授粉。研究为揭示海芋与传粉昆虫的共生提供科学依据。

关键词: 植物学; 海芋; 传粉生物学; 传粉昆虫

中图分类号: Q948.1 文献标识码: A 文章编号: 1674-2850(2015)19-2034-06

A study of symbioses between *Alocasia odora* and pollinators

ZENG Xingli, ZHANG Yan, HUANG Shiwen, WU Wenshan

(College of Life Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350117, China)

Abstract: The foraging behaviors of pollinators in the *Alocasia odora* spadix were studied by field observation of the *A. odora* flowering phase in this paper. The results showed that the lower part of the *A. odora* spadix was female flowers, the upper part was male flowers, while the male sterile flowers were between them. Female flowers mature faster than male flowers. The spathe of the female flowers always closed after the female flowers were pollinated, then the male flowers started to mature and the pollens were spread. The pollinators climbed to the male sterile zone to feed, oviposit and carry its pollens. After the male flowers releasing pollen, the pollinators flied to another female flowers phase of *A. odora* to continue to pollinate. This experiment would be of great significance on revealing the *A. odora* and pollinators symbiosis mechanism.

Key words: botany; *Aocasia odora*; pollination biology; pollinators

0 引言

海芋 (*Alocasia odora*) 为天南星目 (Arales) 天南星科 (Araceae) 芋族 (Colocasieae) 海芋属 (*Alocasia*) 的多年生常绿草本植物, 又称姑婆芋、狼芋、巨型海芋或滴水观音, 常成片生长于沟谷湿润地区, 喜温暖、潮湿和半阴的环境, 生长茂盛、适应性强、容易繁殖, 广泛分布在中国的华南、西南, 即福建、台湾、四川、海南、贵州、广西、广东、湖南、云南等地, 以及东南亚热带亚热带地区。海芋的根茎对于治疗腹痛、氩气、霍乱有极好的药用价值, 也可外用治疗肿毒、虫蛇咬伤, 还可用于治疗阑尾脓肿^[1]、慢性支气管炎^[2]及风湿性心脏病等, 在医学上有着重要作用。

传粉生物学有着悠久的历史, 早在 18 世纪下半叶, 传粉生物学之父 KOLREUTER 和 SPRENGEL 就发现只有同种的花粉间存在受精作用, 花朵对昆虫的吸引力以蜜腺作为报酬, 风媒植物具有产生大量花粉的特点, 为传粉生物学作为一门学科的建立奠定了基础^[3]。如今, 传粉生物学已有两百年历史, 已经

基金项目: 大学生创新训练计划项目 (cx11-2015159)

作者简介: 曾杏俐 (1992—), 女, 本科生, 主要研究方向: 生物工程

通信联系人: 吴文珊, 教授, 主要研究方向: 植物学. E-mail: wuwenshan@126.com

成为种群生物学和进化生物学中的热门领域^[4]。传粉是借助一定的载体,通过一定的空间,将雄蕊中的花粉传到雌蕊花柱上的过程,是植物受精的必经过程^[5]。传粉事件是植物有性生殖的必要环节,是其基因交流的主要途径之一,传粉过程不仅影响植物种群内个体变异的发生以及种群内及种群间变异的分布频率,而且还影响植物种群间隔离散与分化的程度及多样性的保留。植物传粉的方式通常包括生物传粉和非生物传粉,生物传粉是虫媒植物以花粉或花蜜作为报酬,让双翅目的蝇类、鞘翅目的甲虫类或膜翅目的蜂类为其传粉,才能完成受精;非生物传粉利用风和水作为媒介为植物完成授粉,非生物传粉植物常成片或成簇地生长,以减小花粉穿越的路程。

海芋是天南星科海芋属中的一种,而天南星科植物具有较为独特的开花习性和花序结构,近年陆续有学者对天南星科植物进行研究。蔡秀珍等^[6]利用扫描电镜首次观察了花叶芋(*Colocasia bicolor*)的花器官发生过程,明确了花叶芋肉穗花序内器官分布;宣慢等^[7]对4种魔芋的开花习性和性状进行了系统的观测研究,明确了4种魔芋中花魔芋(*Amorphophallus konjac*)开花最早且花期最短;潘登浪等^[8]对海南野生疣柄魔芋传粉生物学特性做了初步的研究,验证了疣柄魔芋的开花习性及传粉特性等。关于海芋传粉生物学方面的研究也有不少,YAFUSO^[9]在室温下对海芋附属器、雄花及雌花部分的温度进行测量,发现附属器和雄花部分的温度高于室温;王伟等^[10]对中国天南星科花粉形态进行研究,其中包括对生长于广东的海芋花粉形态的研究;任立云等^[11]对海芋与2种果蝇共生关系进行了研究与报道,验证了海芋与2种果蝇是相互依赖、互利共生的关系;刘金梅等^[12]用常规压片法和去壁低渗透 Giemsa 法对海芋细胞遗传学及花粉发育进行研究,明确了海芋的体细胞染色体数目及花粉形态;陈亮荣等^[13]做了姑婆芋的传粉生物学研究,发现姑婆芋的附属器和雄花部分可以产热吸引传粉昆虫;刘晓希等^[14]对海芋的传粉生物学进行研究,验证了海芋具有花开生热的特点;TAKANO 等^[15]对2种果蝇与海芋的互利共生关系进行研究,验证了海芋具有专一的传粉昆虫为其传粉。为深入了解海芋的传粉生物学特性,研究在海芋开花的不同时期,观察其传粉昆虫对肉穗花序的访花行为。

1 材料与方法

1.1 海芋的植物学特征观察

于2014年10月观察生长于福州仓山区(E119°19', N26°01')的海芋,随机选取5株佛焰苞未展开时期进行观察,分别标号为1,2,3,4,5,其中将5号海芋用保鲜袋套住观察,避免其与传粉昆虫接触,保育至海芋散粉结束。在佛焰苞展开时观察海芋的根茎生长形态、叶片形态、肉穗花序外观形态等,并测量叶片大小及肉穗花轴的长短,测量海芋的形态特征。

1.2 访花昆虫及其访花行为观察

待佛焰苞展开,用保鲜袋将佛焰苞套住轻摇,使钻入佛焰苞中的传粉昆虫进入保鲜袋中,将收集到的传粉昆虫浸在70%的酒精中待鉴定。从佛焰苞未展开到雄花停止散粉,每天从9:00开始,19:00结束,每隔2h观察传粉昆虫在佛焰苞或肉穗花序上的位置,并进行拍照。

2 结果与分析

2.1 海芋的植物形态特征

观察发现,海芋为大型常绿草本植物,它的根茎粗壮,具有匍匐于地面和直立于地上的茎,呈圆柱形,外表皮为褐色,掰开海芋茎表皮可观察到茎内有黏稠的液体;叶子大而长,具有绿色长柄,长60~90cm,叶轮廓椭圆状卵形,顶端短尖,叶边缘浅波状,侧脉9~12对,叶面亮而绿有光泽,距叶缘1~2mm处

具有完整而光滑的边脉，叶长 50~90 cm，叶宽 40~60 cm；佛焰苞全长 15~30 cm，下部为绿色管部，长 4~5 cm，上部弯曲呈舟形，外部为绿色，内部光滑，盖住肉穗花序，佛焰苞内含有黏稠的透明液体，待雄花散粉停止后，不孕雄花以上的佛焰苞部分由绿色变为黄色，包裹住雌花部分的佛焰苞变为黄绿色；肉穗花序外部为粉绿色，略短于佛焰苞，下部是花序为绿色的雌花部分，长约 2 cm，上部为淡黄色雄花，长约 4 cm，二者之间有淡绿色不孕雄花序，淡绿色的顶端附属器呈圆锥形，长约 4~7 cm，镶有不规则的槽纹（如图 1 所示），花序柄 2~3 枚丛生，待雌花被包裹，雄花成熟开始散粉时，不孕雄花部分有许多汁液流出；海芋浆果为红色或紫红色卵状，排列于肉穗花序雌花部分上；海芋花单性，雌雄同株，无花被，散发出淡淡的香味。

2.2 传粉昆虫的形态特征

将传粉昆虫用 70% 的酒精浸泡带回实验室用显微镜观察，发现海芋的传粉昆虫为双翅目（Diptera）果蝇科（Drosophilidae），体长约 0.6 cm，复眼为红黑色，触角为黑色，中胸背板为棕黑色，身黑色且有细小绒毛，翅膀透明，足棕色，股节黑色。早在 1975 年，日本学者 OKADA^[16] 在世田谷区做过研究，发现为海芋传粉的昆虫是芋果蝇（*Colocasiomyia alocasiae*）和异芋果蝇（*Colocasiomyia xenalocasiae*）。任立云等^[11] 在华南农业大学内做过海芋和 2 种芋果蝇的共生关系研究，发现为海芋传粉的昆虫确实是芋果蝇与异芋果蝇，两者的区别在于芋果蝇前缘脉粗集排列稀疏，阳茎基突存在，导卵器特别窄，雄性腹部第六腹板具单个黑突；而异芋果蝇前缘脉粗撰密集，阳茎基突缺，导卵器宽，雄性腹部第六腹板具 2 个似棒状突。通过鉴定，实验中的果蝇为异芋果蝇。

2.3 花发育与昆虫传粉过程

根据观察结果，将海芋的传粉过程分为四期。

第 I 期：海芋刚露出佛焰苞，佛焰苞没有任何开口，绿色的佛焰苞紧紧地包裹着肉穗花序，花序内部的附属器、雌花和雄花以及不孕雄花均未成熟，在观察的前 2 d，佛焰苞由紧紧地包裹着肉穗花序变为松散地包裹着肉穗花序。

第 II 期：这个阶段为雌花成熟阶段，需要 1~2 d，观察到肉穗花序雌花部分的佛焰苞裂开一个口，且开口会慢慢变大，可以看到绿色的雌花部分和淡绿色的不孕雄花部分，在这期间有传粉昆虫陆续飞来，刚开始是在佛焰苞周围萦绕，待开口再大些时有传粉昆虫停在裂开的佛焰苞上，有些传粉昆虫进入雌花及不孕雄花处（如图 2a 所示），待雌花授粉完后，雌花颈部的佛焰苞慢慢开始闭合，迫使传粉昆虫沿肉穗花序或佛焰苞往上爬（如图 2b 所示）。但 5 号海芋可能由于被保鲜袋套住的缘故，从雌花开裂小口到雌花部分佛焰苞闭合，都没有观察到有传粉昆虫在其周围萦绕或停留在海芋上。

第 III 期：这个阶段为雄花成熟阶段，大约需要 2~3 d，在雌花部分的佛焰苞闭合后，传粉昆虫从雌花部分爬到不孕雄花或佛焰苞上。雄花部分的佛焰苞慢慢展开，露出雄花部分和附属器，在这期间，观察到雄花产生大量的花粉，灰白色的花粉散落在雄花、不孕雄花和佛焰苞上，雄花表面有凹槽的痕迹，不孕雄花表面有黏稠的液体附着，可以观察到传粉昆虫停留在不孕雄花或佛焰苞及雄花上交配（如图 2c 所示）、取食（如图 2d 所示）、产卵。被保鲜袋套住的 5 号海芋，雌花部分闭合后，雄花部分的佛焰苞慢

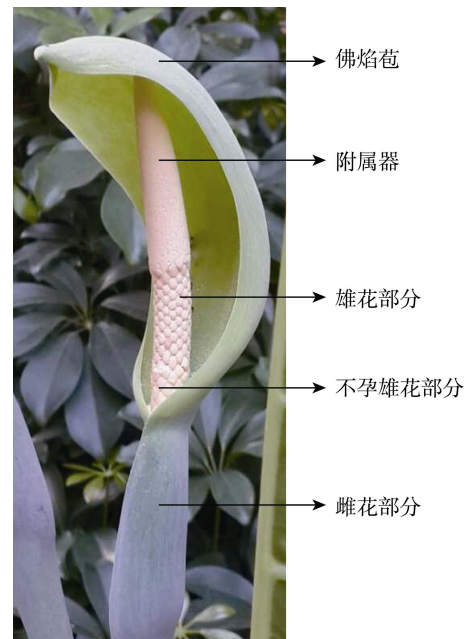


图 1 海芋花序结构
Fig. 1 Inflorescence of *A. odora*

慢展开,直到雄花部分和附属器都露出来,雄花产生大量的花粉散落在不孕雄花和佛焰苞上,但没有传粉昆虫。将雄花及不孕雄花部分拿回实验室解剖观察,发现不孕雄花内有透明乳白色的幼虫。

第IV期:佛焰苞和肉穗花序渐渐开始枯萎,携带有花粉的传粉昆虫飞到另一株正处于雌花成熟阶段的海芋上,继续完成授粉任务,佛焰苞由绿色变成黄色,雄花部分也逐渐枯萎由黄色变为褐色,不孕雄花部分由淡橘色变为深橘色,海芋的子房变大,且没有传粉昆虫在其上面,不孕雄花也开始枯萎,由淡橘色变为深橘色,且可见不孕雄花上有汁液产生。5号海芋的佛焰苞和肉穗花序腐烂,与未套袋的4株海芋相比最大的区别在于,佛焰苞和雄花枯萎后未见海芋的子房变大。

3 讨论与结论

3.1 开花海芋吸引传粉昆虫的机理

3.1.1 气味传播

吸引传粉昆虫参与植物的传粉过程是虫媒植物完成传粉受精的必要过程,这样才能提高杂交的优势,使果实和种子的质量和数量得到保证^[17],有些虫媒植物以艳丽的色彩吸引昆虫,有些则通过散发气味吸引昆虫^[18]。台北立丽山高级中学的陈亮荣等^[13]的研究表明,在海芋的雌花成熟阶段,肉穗花序内的附属器和雄花部分有可能产生一种特殊的气味,将传粉昆虫吸引过来,为其完成授粉。海芋的佛焰苞通常在下午打开,最先成熟的是雌花,海芋附属器和雄花部分发出的特殊气味会引来传粉昆虫在其开裂的雌花部分活动,在雌花成熟阶段,海芋花序强烈而刺鼻的臭味起到了化学传递信息物质的作用^[12],其气味的特异性准确地引诱了传粉昆虫的到来,而在海芋的其他生长发育阶段则未见有传粉昆虫出现^[19],在未套袋的海芋肉穗花序内可以发现,传粉昆虫的成虫被引诱来后,随即在其上产卵,孵化的幼虫能以腐烂花序作为营养^[11],且不孕雄花会产生大量的汁液供成虫取食,使其完成幼期的生长发育,5号海芋可能由于被保鲜袋套住,特殊气味无法飘出,所以在海芋花期没有观察到传粉昆虫的出现。通过观察实验和查阅文献推测:在传粉昆虫进入雌花部分后,由于佛焰苞内壁光滑,进入的传粉昆虫难以爬出,其狭窄而潮湿的空间也难以起飞,而后佛焰苞开裂的部分会合拢一些,传粉昆虫在雌花上完成授粉后,雌花凋谢,雌花部分的佛焰苞闭合,处于上部的雄花方才成熟,雄花的花粉落在佛焰苞内壁上,雄花的佛焰苞打开后,佛焰苞内壁变得粗糙,此时传粉昆虫由于雌花部分的佛焰苞闭合,沿佛焰苞往上爬至不孕雄花或雄花部分,待佛焰苞和肉穗花序枯萎时,传粉昆虫携带花粉又飞到别的雌花成熟阶段的海芋上,受精过的雌花子房便膨胀变大,结出红色浆果。

3.1.2 海芋发热

海芋的附属器和雄花会产生特殊气味吸引昆虫只是其吸引成虫的条件之一,关键是海芋自身的器官具有产热效应,使自身温度比环境温度高。海芋的产热效应,使佛焰苞内夜晚的温度与白天一致。植物中的开花生热现象最早是1778年由法国的LAMARCK首次在海芋属植物中发现^[20],海芋开花繁殖具有开花生热效应,即在海芋的开花繁殖过程中,花部器官即附属器和雄花部分以自主生热的方式产生热量,使花部器官的温度明显高于环境温度,并将保持在一定的较高温度范围之内,从而促进花部生殖发育顺利完成的现象。YAFUSO^[9]于1993年在室温下对海芋附属器、雄花及雌花部分的温度进行测量,发现附属器和雄花部分的温度高于室温,接着在2003年MIYAKE等^[21]将附属器、雄花及雌花部分分别切下,然后将切下的部分分别放入自制的实验器材中,研究发现海芋的附属器吸引的传粉昆虫数量最多,而雌花部分最少。2007年,陈亮荣等^[13]对姑婆芋的传粉生物学进行实验观察,分别对附属器、雄花部分及雌花部分用温度计进行测量,发现附属器和雄花部分的温度比较高,而雌花部分的温度偏低。根据其实验

结论, 推测海芋的附属器和雄花部分是吸引传粉昆虫的主要部位, 它们通过产热使特殊的气味传出, 再通过佛焰苞的聚拢使气味更浓烈, 附属器和雄花部分产生的热量使傍晚的温度与白天一致, 误导传粉昆虫进入肉穗花序的雌花部分, 为雌花授粉。待授粉完毕后, 雌花部分佛焰苞闭合, 雄花部分成熟产生花粉, 佛焰苞内的温度就会下降, 传粉昆虫通过佛焰苞往上爬, 并携带雄花散落的花粉, 待佛焰苞枯萎, 飞到别的雌花成熟阶段的海芋上完成传粉任务。由于这里只是观察传粉昆虫在海芋佛焰苞开始裂开到完全展开时的访花行为, 没有用温度计对海芋的附属器、雄花部分、不孕雄花和雌花部分进行温度测量比较, 所以在以后的实验中会对海芋产热的部分进行比较深入的操作。

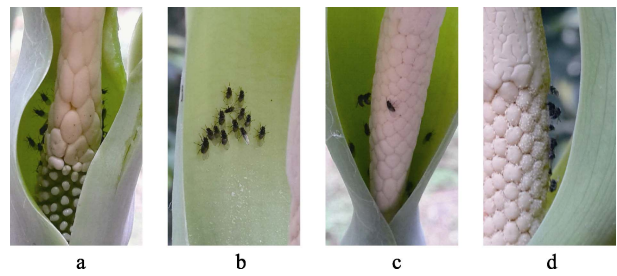


图2 传粉昆虫在肉穗花序内的行为

Fig. 2 Pollinators behavior in the spadix

a—在雌花上的传粉昆虫; b—爬到佛焰苞上的传粉昆虫;
c—在肉穗花序上交配的传粉昆虫; d—在雄花上的传粉昆虫
a-Pollinators in the female zone; b-Pollinators crawling
up the spathe; c-Pollinators mated in the spadix;
d-Pollinators in the male zone

3.2 海芋和传粉昆虫的互利共生关系

海芋和传粉昆虫互惠互利, 具有互利共生的关系, 在海芋雌花成熟阶段由于肉穗花序顶端的附属器和雄花部分通过散发特殊气味和散发热量来吸引传粉昆虫, 雌花分泌营养物供携带异株花粉的传粉昆虫的成虫和幼虫食用, 传粉昆虫在雌花上为其完成授粉, 当肉穗花序进入雄花期时, 佛焰苞花苞的颈将紧缩, 将花序轴的雌花部分包裹, 传粉昆虫爬到不孕雄花内取食。海芋为虫媒花, 传粉昆虫的成虫为授粉昆虫, 传粉昆虫的成虫产卵于海芋的肉穗花序中, 其幼虫、蛹生活在海芋的不孕雄花中, 海芋的肉穗花序为传粉昆虫的繁育起到了相应的作用, 海芋的肉穗花序为传粉昆虫的幼虫提供食料和庇护场所, 幼虫在海芋的肉穗花序中以腐败的花蕊为食, 为海芋的果实起到清洁作用, 海芋的肉穗花序为传粉昆虫的成虫提供食料, 成虫取食花粉和花蜜作为营养补充, 成虫在取食过程中, 为海芋的雌花授粉^[1], 并携带雄花散落的花粉离开, 为其完成传粉受精的过程。传粉昆虫需要通过抖动翅膀获取能量进行飞行或寻找阳光来控制自身的体温^[2], 而海芋的附属器和雄花部分能自发地升温可以减小传粉昆虫能量的损耗, 方便传粉昆虫的取食与交配等活动, 传粉昆虫和海芋二者的关系是互利互惠、相互作用的共生关系。

[参考文献] (References)

- [1] 李智勇. 海芋外敷治疗阑尾脓肿[J]. 中医外治杂志, 1999, 8 (6): 52.
LI Z Y. *Alocasia odora* external treatment of appendiceal abscess[J]. Journal of External Therapy of Traditional Chinese Medicine, 1999, 8(6): 52. (in Chinese)
- [2] 隋亚光. 慢性支气管炎治疗[J]. 中华耳鼻喉科杂志, 1957 (2): 116.
SUI Y G. Treatment of chronic bronchitis[J]. Chinese Journal of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, 1957(2): 116. (in Chinese)
- [3] 陈家宽, 杨继. 植物进化生物学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1994.
CHEN J K, YANG J. Plant evolutionary biology[M]. Wuhan: Wuhan University Press, 1994. (in Chinese)
- [4] 刘德林, 王仲礼, 祝宁. 传粉生物学研究简史[J]. 生物学通报, 2003, 38 (5): 59-61.
LIU D L, WANG Z L, ZHU N. A brief history of the study of pollination biology[J]. Bulletin of Biology, 2003, 38(5): 59-61. (in Chinese)
- [5] 黄双全, 郭友好. 传粉生物学的研究进展[J]. 科学通报, 2000, 45 (3): 225-237.

- HUANG S Q, GUO Y H. Research progress of pollination biology[J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(3): 225-237. (in Chinese)
- [6] 蔡秀珍, 龙春林, 刘克明. 花叶芋(天南星科)的花器官发生[J]. 云南植物研究, 2005, 27(2): 193-203.
CAI X Z, LONG C L, LIU K M. Floral organogenesis of *Colocasia bicolor* (Araceae)[J]. Acta Botanica Yunnanica, 2005, 27(2): 193-203. (in Chinese)
- [7] 宣慢, 刘海利, 蒋学宽, 等. 对4种魔芋花器的观察分析[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2010, 32(4): 75-78.
XUAN M, LIU H L, JIANG X K, et al. Observation and analysis of flower organ of four species of *Amorphophallus*[J]. Journal of Southwest University: Natural Science, 2010, 32(4): 75-78. (in Chinese)
- [8] 潘登浪, 曾宪海, 李文, 等. 海南野生疣柄魔芋传粉生物学特征的初步研究[J]. 中国热带农业, 2013, 6(55): 49-52.
PAN D L, ZENG X H, LI W, et al. Preliminary study on the characteristics of pollination biology of wild wart in Hainan[J]. China Tropical Agriculture, 2013, 6(55): 49-52. (in Chinese)
- [9] YAFUSO M. Thermogenesis of *Alocasia odora* (Araceae) and role of *Colocasiomyia* flies (Diptera: Drosophilidae) as cross-pollinators[J]. Environmental Entomology, 1993, 22(3): 601-606.
- [10] 王伟, 赵南先. 中国天南星科花粉形态的研究[J]. 植物分类学报, 2002, 40(6): 517-529.
WANG W, ZHAO N X. Pollen morphology of the Araceae from China[J]. Acta Phytotaxonomica Sinica, 2002, 40(6): 517-529. (in Chinese)
- [11] 任立云, 曾玲, 许益鏊. 海芋和两种芋果蝇的共生关系[C]//中国昆虫学会. 当代昆虫研究: 中国昆虫学会成立60周年纪念大会暨学术讨论会论文集. 北京: 农业科技出版社, 2004: 321-323.
REN L Y, ZENG L, XU Y J. The symbiotic relationship between *Alocasia odora* and two taro flies[C]//The Entomological Society of China. The 60th Anniversary of the Establishment of the Entomological Society of China and Symposium Papers. Beijing: Agricultural Science and Technology Press, 2004: 321-323. (in Chinese)
- [12] 刘金梅, 何子灿, 吴鸿, 等. 海芋细胞遗传学及花粉发育的研究[J]. 武汉植物学研究, 2008, 26(1): 12-20.
LIU J M, HE Z C, WU H, et al. Observations on the behavior of cytogenetics and pollen development of *Alocasia odora* (Lindl.) K. Koch[J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2008, 26(1): 12-20. (in Chinese)
- [13] 陈亮荣, 黄盟峰. 姑婆芋的传粉生物学[Z]. 台北: 立丽山高级中学, 2008.
CHEN L R, HUANG M F. The pollination biology of *Alocasia macrorrhiza*[Z]. Taipei: Taipei Municipal Lishan High School, 2008. (in Chinese)
- [14] 刘晓希, 谢达, 刘锦阳, 等. 海芋的传粉生物学研究[Z]. 北京: 陈经纶中学, 2011.
LIU X X, XIE D, LIU J Y, et al. Study on pollination biology of *Alocasia odora*[Z]. Beijing: Beijing Chenjinglun High School, 2011. (in Chinese)
- [15] TAKANO K T, REPIN R, MOHAMED M B. Pollination mutualism between *Alocasia macrorrhizos* (Araceae) and two taxonomically underdescribed *Colocasiomyia* species (Diptera: Drosophilidae) in Sabah, Borneo[J]. Plant Biology, 2012, 14(4): 555-564.
- [16] OKADA T. The oriental drosophilids breeding in flowers[J]. Konchu, 1975, 43(3): 363-365.
- [17] 张红玉. 虫媒植物与传粉昆虫的协同进化(一)——传粉昆虫对虫媒植物进化所起的作用[J]. 四川林业科技, 2005, 26(3): 38-41.
ZHANG H Y. Co-evolution of entomophilous plants and pollination insects (I): effect of pollination insects on evolution of entomophilous plants[J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2005, 26(3): 38-41. (in Chinese)
- [18] 孙智敏. 虫媒植物招引昆虫传粉的奥秘[J]. 化石, 1991(3): 12-13.
SUN Z M. The mysteries of entomophilous pollination attract insects[J]. Fossils, 1991(3): 12-13. (in Chinese)
- [19] 周淑荣, 包秀芳, 郭文场, 等. 海芋的栽培管理[J]. 特种经济动植物, 2010(12): 30-31.
ZHOU S R, BAO X F, GUO W C, et al. The cultivation and management of *Alocasia*[J]. Special Economic Animal and Plant, 2010(12): 30-31. (in Chinese)
- [20] 王若涵, 张志翔. 开花生热效应研究进展[J]. 广西植物, 2011, 31(3): 407-413.
WANG R H, ZHANG Z X. Perspectives and research advances on the thermogenesis[J]. Guihaia, 2011, 31(3): 407-413. (in Chinese)
- [21] MIYAKE T, YAFUSO M. Floral scents affect reproductive success in fly-pollinated *Alocasia oddra* (Araceae)[J]. American Journal of Botany, 2003, 90(3): 370-376.
- [22] 何新华. 奇异的植物发热现象[J]. 自然杂志, 1993(2): 35-39.
HE X H. Exotic plant fever[J]. Chinese Journal of Nature, 1993(2): 35-39. (in Chinese)