

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201411024

莫权辉,李洁维,龚弘娟,等. 濒危植物金花猕猴桃繁殖生物学初步研究 [J]. 广西植物, 2016, 36(6):640-645

MO QH, LI JW, GONG HJ, et al. Reproductive biology of endangered plant *Actinidia chrysantha* [J]. Guihaia, 2016, 36(6):640-645

## 濒危植物金花猕猴桃繁殖生物学初步研究

莫权辉, 李洁维, 龚弘娟\*, 叶开玉, 蒋桥生, 张静翅

( 广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西 桂林 541006 )  
( 中国科学院 )

**摘 要:** 繁殖生物学是目前濒危植物保护生物学研究的重点领域之一, 金花猕猴桃 (*Actinidia chrysantha*) 是猕猴桃属濒危物种之一, 目前未见其繁殖生物学相关报道。因此, 该文以分布于花坪国家级自然保护区的野生金花猕猴桃为研究对象, 用游标卡尺测量了花器官及果实形态, 通过野外观察记录了其物候、访花昆虫及开花结果习性, 用人工授粉和套袋法确定其传粉媒介, 开展田间播种试验确定种子繁殖力, 对其繁殖生物学开展了较为系统的研究。结果表明: 金花猕猴桃物候因海拔高度不同而不同, 较低海拔地区 5 月中下旬开花, 高海拔地区 5 月下旬至 6 月上旬开花, 花期持续 7~10 d, 果实每年 9 月下旬至 10 月上旬成熟; 雄株花枝率 76.5%, 雌株果枝率 61.9%, 果实长圆柱形、短圆柱形或椭圆形, 平均单果重 7.34~27.53 g, 最大果重 35.0 g; 金花猕猴桃为虫媒和风媒共同授粉, 主要访花昆虫有蜜蜂科、细蜂科、鼻蝇亚科、食蚜蝇科、蜡蝉科、大蚊科长脚蚊属昆虫等; 金花猕猴桃种子发芽率低, 参试的 3 个居群的种子发芽率存在差异, 分别为花坪 17.5%, 资源车田 15.36%, 贺州姑婆山 0; 4 种不同种子处理方式中, 低温+GA<sub>3</sub> 处理的种子发芽率 (22.67%) 最高。综上所述, 金花猕猴桃不存在传粉障碍, 种子萌发率低可能是致其濒危的重要原因。该研究结果为保护金花猕猴桃种质资源提供了科学依据。

**关键词:** 金花猕猴桃, 繁殖生物学, 物候, 开花结果习性, 传粉

**中图分类号:** Q945    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3142(2016)06-0640-06

## Reproductive biology of endangered plant *Actinidia chrysantha*

MO Quan-Hui, LI Jie-Wei, GONG Hong-Juan\*, YE Kai-Yu,  
JIANG Qiao-Sheng, ZHANG Jing-Chi

( Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China )

**Abstract:** At present, reproductive biology has become one of the important research field of conservation biology of endangered plant, *Actinidia chrysantha* was one of endangered species in *Actinidia* genus, but there was no reproductive biology related reports about it till now. In this study, took wild *A. chrysantha* plants which distributed in Hua-ping National Nature Reserve as test material, its floral organ and fruit shape were measured with a vernier caliper; based on field observations recorded its phonological period, flower visiting insect, blossom and fruiting habit; determine its pollinators

收稿日期: 2014-11-18    修回日期: 2015-03-23

**基金项目:** 广西自然科学基金(2012GXNSFBA053072); 广西科技创新能力与条件建设计划项目(桂科能 14123006-36; 桂科能 14121008-1-14); 国家自然科学基金(30760027); 国家现代农业产业技术体系广西创新团队建设专项(nycytxgxcxtd03-13) [Supported by the Natural Science Foundation of Guangxi (2012GXNSFBA053072); Guangxi Science and Technology Construction Planning for Innovation Capacity and Condition Construction (14123006-36; 14121008-1-14); National Natural Science Foundation of China (30760027); Guangxi Special Innovation Team Construction of National Modern Agricultural Industry Technology System (nycytxgxcxtd03-13)].

**作者简介:** 莫权辉 (1964-), 男 (壮族), 广西桂林人, 助理研究员, 主要从事植物营养与果树学研究, (E-mail) moqh@gxib.cn.

\* **通讯作者:** 龚弘娟, 硕士, 副研究员, 主要从事果树资源保护与果树栽培育种研究, (E-mail) gongjian\_3000@sohu.com.

by artificial pollination and bagging experiments; through field sowing test, determine the seed reproductive capacity. The results showed that phenological characters of *A. chrysantha* were different with the altitude varying. At lower altitude area its flowering in the middle or late May, while at the higher altitude area its flowering in the late May to early June, flower season lasted for 7–10 d; fruit ripening in late September to early October of every year; spray rate of the male plants was 76.5%, fruit branch rate of female plants was 61.9%, the fruit shape was long column, short column or oval, the average weight of single fruit was 7.34–27.53 g, the maximum fruit weight was 35.0 g; its pollinated by insects and wind in common, the main pollinators including *Apidae*, *Prpductotrupidae*, *Rhiniinae*, *Syrphidae*, *Fulgoridae*, *Ctenacroscelis* of *Tipulidae* insects etc.; its germination rate of seeds was low, germination rate of three tested populations Huaping, Chetian of Ziyuan County and Gupo Mountain of Hezhou were 17.5%, 15.36% and 0, respectively. In the 4 kinds of seed processing method, the treatment that the seeds was stored at 0–5 °C in the refrigerator and before sowing with 1 500 mg · L<sup>-1</sup> gibberellin (GA<sub>3</sub>) soaked for 2 h, had the highest germination rate (22.67%). In summary, there was no pollination barrier in the reproductive process of *Actinidia chrysantha*, low germination rate may be an important cause of *A. chrysantha* endangered. Therefore, this study provides scientific basis for the protection of *A. chrysantha* germplasm resources.

**Key words:** *Actinidia chrysantha*, reproductive biology, phenological, blossom and fruiting habit, pollination

植物繁殖生物学是研究与植物繁殖有关的特征与过程的一门分支学科,是以认识植物繁殖过程自然规律为内容的基础研究学科,其研究范畴包括开花生物学、传粉生物学、种子和幼苗的研究以及植物群落自然更新等方面,还包括各种形式的营养体无性繁殖和孢子生殖过程(何璐等,2010)。植物在自然状态下繁殖过程是对环境长期适应的反映,研究野生植物的繁殖生物学对了解植物生活史对策,了解繁殖器官对各种繁殖方式的适应机制,从而对植物保护生物学及生态学研究都具有重要意义(何璐等,2010;李娅琼和游春,2011)。通过了解物种的繁殖方式可以对其进行有效的保护,因而繁殖生物学研究已成为濒危植物保护生物学研究的重点之一(何璐等,2010)。

金花猕猴桃(*Actinidia chrysantha*)是猕猴桃属植物中唯一开金黄色花的种类,其果实酸甜可口,营养丰富,果型中等,果肉呈绿色至翠绿色,具香气,适于鲜食或加工罐头,且成熟期较迟,果皮较坚硬,耐贮藏,是有较大经济价值的一种野生猕猴桃,也是杂交育种创造新种质的珍贵资源。金花猕猴桃在广西主要分布于临桂、龙胜、资源、兴安等地,湖南省的城步、宜章、宁远、芷江,广东省的阳山、乳源等地也有零星分布(崔致学,1993)。经群落调查发现,近年来金花猕猴桃种群逐渐缩小,居群数量越来越少,有的分布区已无法找到金花猕猴桃。调查发现的6个居群,金花猕猴桃数量少且老树居多,自然更新差(龚弘娟等,2012)。金花猕猴桃2004年被列为中国第二批珍稀濒危植物(许再富,1998),2006年被

IUCN(世界自然保护联盟)红色名录列为易危种(Vulnerable)。由此可见,金花猕猴桃已处于严重濒危的境地。

然而,目前关于金花猕猴桃的相关研究很少,广西植物研究所最早对该物种进行报道,早在20世纪八九十年代就对其资源分布、生物学特性、营养成分、种子繁殖、花粉形态等进行了初步研究(梁木源等,1986,1989;李洁维等,1995,1989),此后很长一段时间都鲜见其相关报道,更未有较为完整的繁殖生物学研究报道。为此,本团队对金花猕猴桃进行了较为系统的繁殖生物学研究,以期保护金花猕猴桃种质资源提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

观测地点位于广西东北部的临桂县与龙胜各族自治县交界处的广西花坪国家级自然保护区(109°48′54″~109°58′20″E,25°39′36″N),总面积15 133.3 hm<sup>2</sup>。保护区地质古老,具有古陆性质,属江南古陆南部边缘地区,褶皱明显,构造复杂,以砂页岩为主,间有石灰岩,属中山地貌,海拔1 200~1 600 m,主峰蔚青岭海拔1 807.5 m。属中亚热带季风气候,年均气温12~14 °C,年相对湿度85%~90%,全年降雨天数多达220 d,年总降水量2 000~2 200 mm,其中春季降雨量占全年的35.7%,夏季占40.8%;秋冬季降雨量相对较少,各占总降雨量的10.9%和12.6%。全年降雨丰沛,干湿季节不甚明

显,旱情很少发生。域内各种植物生长茂盛,森林植被发育良好。这里拥有多种珍稀保护植物,拥有世界上数量最多、植株最大的“植物熊猫”——银杉。

### 1.2 定位观测项目

2008年10月、2009年9月、2010年5月、2012年10月、2014年5月,分别对金花猕猴桃物候、开花结果习性、种子散布方式等进行多次观测。

### 1.3 传粉生物学观察

(1)传粉媒介:于花期到花坪自然保护区对金花猕猴桃开展套袋试验,套袋选取即将开放的花蕾,分别作不套袋、套硫酸纸袋、套网袋,去雄不套袋,去雄套硫酸纸袋和去雄套网袋处理,花期过后20d左右观察坐果率,确定传粉媒介;(2)访花昆虫:在花期观察昆虫访问时间、频率,采集昆虫标本进行鉴定。

### 1.4 繁殖能力研究

(1)不同分布区种子萌发试验:试验用种子分别采自广西花坪国家级自然保护区、广西资源县车田乡和广西姑婆山自然保护区。果实采回后,放置室内数天至完全软熟后洗出饱满种子阴干,贮藏于0~5℃冰箱中待用。播种前20d进行层积处理,层积后进行田间播种试验,观察种子萌发率。每处理3个重复,每重复100颗种子。

(2)不同贮藏方式及种子处理方式的种子萌发试验,种子洗出阴干后分别做以下4种处理:①常温干藏,用纸袋包装放于室内通风干燥处,播种前用温水浸泡2h;②低温干藏,用纸袋包装放置0~5℃冰箱内,播种前用温水浸泡2h;③沙藏层积,种子用40℃左右的温水浸泡30min,然后在含水量约为20%的湿沙中层积20d;④低温+GA<sub>3</sub>处理,将低温干藏的种子,于播种前用1500mg·L<sup>-1</sup>赤霉素(GA<sub>3</sub>)浸泡2h,然后马上播种。每处理3个重复,每重复100颗种子。

## 2 结果与分析

### 2.1 形态、物候、开花结果

2.1.1 形态 金花猕猴桃为落叶藤本植物。叶软纸质,阔卵形至卵形,先端渐尖,边缘有圆锯齿,叶片长8.5~17.8cm,宽3.8~9.5cm,叶面草绿色有光泽,叶背粉绿色,无毛。叶柄长1.7~4.7cm,水红色,无毛。雌雄异株,花生于新梢叶腋,每花序有花1~3朵,花瓣金黄色,5~7枚,花药黄色。雌花花序柄长

0.5~0.7cm,花柄长1.0~1.7cm,萼片4~6枚,长和宽均为0.5~0.6cm,花冠直径1.9~2.7×2.4~2.8cm,柱头20~29枚,子房大小为0.4~0.55×0.43~0.47cm,雄蕊30~41枚,花丝长0.35~0.5cm,花药长0.2~0.3cm,花粉不发育。雄花花序柄长0.4~1.0cm,花柄长0.3~1.0cm,萼片5~6枚,长0.3~0.4cm,宽0.25~0.4cm,花冠直径1.7~2.5×1.5~2.6cm,柱头不发育,雄蕊27~35枚,花丝长0.4~0.6cm,花药长0.18~0.25cm(开花状见图1、图2)。果为长圆柱形、短圆柱形或椭圆形,纵径3.57~3.91cm,横径2.43~3.14cm,平均单果重7.34~27.53g,最大果重可达35.0g,果肉绿色至翠绿色,有香气,味酸甜,Vc含量65.71mg·100g<sup>-1</sup>,总酸含量0.81%~2.59%,总糖含量8.71%~14.26%。种子为扁卵形,深褐色,平均单果种子数98~314枚,千粒重0.93~1.65g。

2.1.2 雌株物候与开花结果习性 金花猕猴桃的物候期随海拔的不同而有差异,低海拔(<600m)比高海拔(>600m)早5~7d。一般于3月下旬至4月上旬萌动抽梢,这一时期抽生的枝条,有2/3是结果枝,1/3是营养枝。一年生枝条从基部至中上部(约占全枝条的2/3),几乎每节均可抽生新梢,枝条尾部每隔2~4节才抽生一个新梢;两、三年生的枝条上也能萌发部分的结果枝,但数量不多,一般每隔3~5节抽生一个新梢;果枝率61.9%。金花猕猴桃有抽生夏梢的习性,当结果枝开花后幼果形成期间,结果枝的顶梢基本上趋于停止生长,此时两三年生枝条的中部开始抽生夏梢,每条可抽生1~3个新梢,这些新梢比早春的结果枝更为粗壮,生长1~2a后,可代替老的结果母枝成为新的结果母枝。雌花花期为5月中下旬至6月上旬,低海拔地区5月中下旬开花,高海拔地区5月下旬至6月上旬开花。花序着生于结果枝基部第2~4节叶腋中,每条结果枝有花序2~7个,每花序有能发育的花1~3朵,不同果型植株的花数略有区别,一般短圆柱果型的每花序有花3朵,长圆柱果型则多为1朵花,偶有2朵。雌花多于凌晨4:00~5:00开放,阴雨天可延迟至12:00左右开放,一般下午花不开放。花开后第2天花瓣开始变为褐黄色,第3天逐渐萎缩凋谢,如果花开后迟迟未能授粉时,可延长开放时间,第4天花冠凋谢脱落。授粉良好的,花谢后的第2~3天,子房迅速膨大,幼果迅速生长,花瓣谢后40~45d,果实基本定形,其大小达到成熟时的95%以上,7月



图1 雄花开放状态

Fig. 1 Male flowers blossom state



图3 金花猕猴桃结果状

Fig. 3 State of *Actinidia chrysantha* fruiting

图2 雌花开放状态

Fig. 2 Female flowers blossom state



图4 果实横切面

Fig. 4 Fruit transverse section

中旬以后,果实的发育以碳水化合物积累为主,9月下旬至10月上旬果实成熟。

**2.1.3 雄株的开花习性** 雄株萌发的花枝较多,约占新梢的76.5%。现蕾期与新梢伸长期相一致,于4月中旬开始现蕾,开花比雌花早1~2 d。花序为聚伞花序,着生于花枝基部的1~2节叶腋中,一般每条花枝有花序5~7个,花序数最多可达9个,每个花序有发育花3朵,偶有4朵。一般从花枝的基部开始由下而上顺序开放,同一花序,中花先开放,然后是侧花。单花开放时间为凌晨4:00~5:00,历时2 d,第3天开始萎缩脱落。单株的花期持续7~10 d,整个居群花期持续10~15 d。

## 2.2 果实及种子散布

金花猕猴桃果实营养丰富,当地群众经常采摘食用、酿酒或送给朋友,人类是其果实及种子的主要

传播者之一;果实成熟后,会引来鸟类啄食,及松鼠和猴子采食;其余的将自然脱落,脱落后在株下的传播距离为5~10 m,脱落的果实有部分被老鼠或是其它野生动物吃掉,传播至更远的地方,残存在林下的种子则会在枯枝落叶上被风干,不利于发芽。

## 2.3 传粉

金花猕猴桃是雌雄异株植物,一般靠雄株花粉才能坐果,试验表明套硫酸纸袋的处理坐果率为零,说明金花猕猴桃不能自花授粉;在野外自然环境中,金花猕猴桃不套袋的自然坐果率达90%,去雄与不去雄套网袋的坐果率分别为73.3%和86.7% (表1),套网袋阻隔了虫媒传粉,坐果率稍低,说明金花

猕猴桃为风媒和虫媒共同授粉,但是仅靠风媒传粉亦有较好的效果。

野外观察到的主要传粉昆虫有蜜蜂科、细蜂科、丽蝇科鼻蝇亚科、食蚜蝇科、蜡蝉科、大蚊科长脚蚊属昆虫等,昆虫活动频繁的时段一般为上午 9:00-12:00,阴雨天可延迟到 10:00-14:00,其它时段仅有零星昆虫访花。

表 1 金花猕猴桃坐果率统计

Table 1 Fruit-set rate of different treatments of *Actinidia chrysantha*

处理 Treatment	处理花数 Treatment of flower number	坐果数 Fruit setting number	坐果率 Fruit setting rate (%)
不套袋自然结实 Without bagging	150	135	90
套硫酸纸袋 Bagging with sulfuric acid paper	30	0	0
套网袋 Bagging with mesh	30	26	86.7
去雄套硫酸纸袋 Remove the stamen and bagging with sulfuric acid paper	30	0	0
去雄套网袋 Remove the stamen and bagging with mesh	30	25	73.3
去雄不套袋 Remove the stamen only	30	27	90

表 2 不同分布区金花猕猴桃种子发芽率

Table 2 Seedling rate of the seeds from different locations

分布区 Location	海拔 Altitude (m)	播种数 Seeding number	发芽数 Germination number	发芽率 Germina- tion rate (%)
广西花坪国家 级自然保护区 Huaping Nature Reserve	1 334	200	35	17.5
资源车田 Chetian, Ziyuan	1 083	1 120	172	15.36
贺州姑婆山 Gupo Mountain, Hezhou	728	78	0	0

## 2.4 繁殖能力分析

采自不同居群金花猕猴桃种子萌发试验结果表明,不同居群的种子发芽率有差异,黄沙-安江坪居群(海拔 1 334 m)的种子发芽率最高,为 17.5%,资源车田居群(海拔 1 084 m)的种子发芽率为

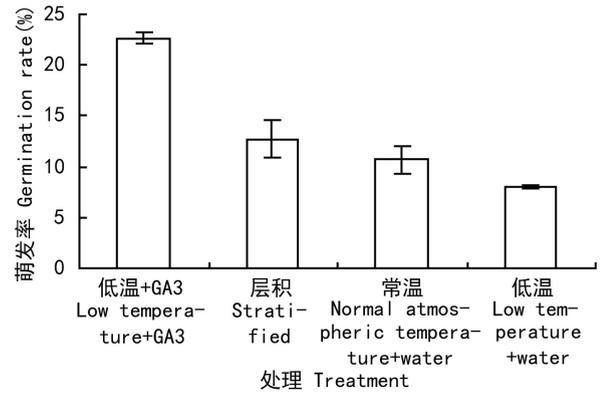


图 5 不同贮藏及催芽方式对种子发芽率的影响

Fig. 5 Effects of different storages and germination methods on germination rate of seeds

15.36%,而姑婆山居群(海拔 728 m)的种子发芽率为 0。可见,海拔高度影响着金花猕猴桃的种子繁殖能力,这也就解析了在高海拔山区金花猕猴桃个体分布数量多的原因。

不同贮藏及催芽方式种子萌发试验结果(图 5)表明,不同处理之间金花猕猴桃种子发芽率差异极显著( $P=0.00013$ )。低温+GA<sub>3</sub>处理的种子发芽率(22.67%)最高,显著高于其他 3 个处理;其次是层积处理(12.67%);再次是常温干藏(10.67%);最低的是低温干藏(8%),后三者之间种子发芽率没有显著差异。低温+GA<sub>3</sub>处理可以较好地促进种子萌发。

## 3 讨论与结论

本研究结果表明,金花猕猴桃为虫媒和风媒共同授粉,自然结实率达 90%,不存在传粉障碍;金花猕猴桃具有种子繁殖能力差,无性繁殖能力强的繁殖特点,这种现象也常常表现在其它濒危植物上,如濒危植物太行花(*Taihangia rupestris*)在原产地因生境条件特殊,有性生殖能力弱,主要靠无性生殖扩大种群(陆文梁等,1995)。因此,种子萌发率低可能是致其濒危的重要原因。金花猕猴桃生境狭窄,种群个体数量少,其种子萌发率低可能是近交衰退引起的。有学者的研究表明,种群的大小和密度与该种的生育力呈显著的正相关(Martin & Katariina, 2007),而小种群种子发芽率低的原因则可能是近交衰退带来的遗传多样性丧失引起的(胡世俊,2007),有研究已经证明近交衰退确实会带来

遗传多样性的降低 (Takebayashi & Morrell, 2001)。当种群个体数小于 100 时, 常会观察到近交衰退, 而且与较大的种群相比, 其种子发芽率更低 (Joel et al, 1998)。而金花猕猴桃大部分居群个体数量只有 3~5 株, 呈零星分布状态 (龚弘娟等, 2012a, b)。

本研究在野外调查时, 样地内发现的幼龄植株, 是老龄植株被人为砍伐后从基部萌发出的枝蔓, 没有发现金花猕猴桃实生苗。根据我们的前期研究, 以混合营养土、河沙+苔藓、河沙+珍珠岩、石英砂四种不同基质开展扦插试验, 结果表明除石英砂扦插成活率 (60%) 较低外, 其余三种基质扦插成活率均可达到 80% 以上 (张静翹等, 2010)。综合以上研究结果表明, 金花猕猴桃种子繁殖能力差, 而无性繁殖能力强。其种子萌发率远远低于中华猕猴桃的 37%~56% (王郁民等, 1991)。

**致谢** 感谢广西农业科学院植物保护研究所于永浩副研究员对访花昆虫进行鉴定, 感谢花坪国家级自然保护区安江坪保护站全体工作人员给予的支持和帮助。

## 参考文献:

CUI ZX, 1993. *Actinidia China* [M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press: 112. [崔志学, 1993. 中国猕猴桃 [M]. 济南: 山东科学技术出版社: 112.]

GONG HJ, JIANG QS, MO QH, et al, 2012a. Analysis on the characteristics of community and endangered cause of endangered species *Actinidia chrysantha* [J]. J NW For Univ, 27(1): 43-49. [龚弘娟, 蒋桥生, 莫权辉, 等, 2012a. 濒危物种金花猕猴桃生存群落特征及濒危原因分析 [J]. 西北林学院学报, 27(1): 43-49.]

GONG HJ, LI JW, JIANG QS, et al, 2012b. Analysis on the characteristics of the dominant community of rare and endangered plant *Actinidia chrysantha* [J]. J Zhejiang A & F Univ, 29(2): 301-306. [龚弘娟, 李洁维, 蒋桥生, 等, 2012b. 珍稀濒危植物金花猕猴桃优势群落特征分析 [J]. 浙江农林大学学报, 29(2): 301-306.]

HE L, YU H, FAN YH, et al, 2010. Research progress in plant reproductive biology [J]. J Mount Agric & Biol, 29(5): 456-460. [何璐, 虞泓, 范源洪, 等, 2010. 植物繁殖生物学研究进展 [J]. 山地农业生物学报, 29(5): 456-460.]

HU SJ, 2007. Effects of habitat fragmentation and spatial isolation on the population characters of the endangered plant *Euonymus chloranthoides* Yang [D]. Chongqing: Southwest University. [胡世俊, 2007. 生境片段化与隔离对濒危植物缙云卫矛种群特征的影响 [D]. 重庆: 西南大学.]

<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/46388/0> (IUCN 红色名录-金花猕猴桃).

JOEL P, OLFELT, GLENNR, 1998. Furnier and James J. Luby. Reproduction and development of the endangered *Sedum integrifolium* ssp. *Leedyi* (CRASSULACEAE) [J]. Am J Bot, 85(3): 346-351.

LIANG MY, LI RG, HUANG CG, et al, 1986. Resources and biological characteristics of *Actinidia chrysantha* [J]. Chin Seeds, (2): 12-13. [梁木源, 李瑞高, 黄陈光, 等, 1986. 金花猕猴桃资源及其生物学特性 [J]. 作物品种资源, (2): 12-13.]

LIANG MY, LI RG, HUANG CG, et al, 1989. A report on germination tests of *Actinidias* [J]. Guihaia, 9(1): 83-86. [梁木源, 李瑞高, 黄陈光, 等, 1989. 猕猴桃种子发芽试验报告 [J]. 广西植物, 9(1): 83-86.]

LI JW, LI RG, LIANG MY, 1989. Studies on the pollen morphology of the *Actinidia* [J]. Guihaia, 9(4): 335-339. [李洁维, 李瑞高, 梁木源, 1989. 猕猴桃属花粉形态简报 [J]. 广西植物, 9(4): 335-339.]

LI JW, MAO SZ, LIANG MY, et al, 1995. Studies on the contents of nutritive component of fruits of genus *Actinidia* [J]. Guihaia, (4): 377-382. [李洁维, 毛世忠, 梁木源, 等, 1995. 猕猴桃属植物果实营养成分的研究 [J]. 广西植物, (4): 377-382.]

LI YQ, YOU C, 2011. Researches on population, reproductive biology and protection measures of *Aconitum Brachypodium* in Lijiang region [J]. J Yunnan Univ Trad Chin Med, 34(1): 27-31. [李娅琼, 游春, 2011. 濒危药用植物短柄乌头丽江居群繁殖生物学研究 [J]. 云南中医学院学报, 34(1): 27-31.]

LU WL, SHEN SH, WANG FX, 1995. Studies on reproductive biology of *Taihangia rupestris* II investigation and study of sexual and asexual reproduction [J]. Chin Biodivers, 3(1): 8-14. [陆文梁, 沈世华, 王伏雄, 1995. 太行花生殖生物学研究II有性生殖与无性生殖的调查与研究 [J]. 生物多样性, 3(1): 8-14.]

MARTIN S, KATARIINAK, 2007. Relationship between abundance and fecundity in the endangered grassland annual *Euphrasia rostkoviana* ssp. *fennica* [J]. Ann Bot Fennici, 44: 194-203.

SCHMALHOLZ M, KIVINIEMI K, 2007. Relationship between abundance and fecundity in the endangered grassland annual *Euphrasia rostkoviana* ssp. *fennica* [J]. Ann Bot Fenn, 44: 194-203.

TAKEBAYASHI N, MORRELL LP, 2001. Is self-fertilization an evolutionary dead end? Revisiting an old hypothesis with genetic theories and a macro-evolutionary approach [J]. Am J Bot, 88: 1 143-1 150.

WANG YM, LI JR, 1991. Studies on seed germination of kiwifruit [J]. Seed, (2): 8-12. [王郁民, 李嘉瑞, 1991. 猕猴桃种子发芽研究 [J]. 种子, (2): 8-12.]

XU ZF, 1998. The principle and method of ex-situ conservation of rare and endangered plants [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press: 158. [许再富, 1998. 稀有濒危植物迁地保护的原理与方法 [M]. 昆明: 云南科技出版社: 158.]

ZHANG JC, MO QH, LI JW, et al, 2010. The influence of four substrates on root and leaf traits of *Actinidia chrysantha* cutting seedling [J]. Chin Agric Sci Bull, 26(21): 213-217. [张静翹, 莫权辉, 李洁维, 等, 2010. 4种基质对濒危物种—金花猕猴桃扦插苗根系和叶片性状的影响 [J]. 中国农学通报, 26(21): 213-217.]