

濒危物种杏黄兜兰的保育生态学

刘仲健¹, 刘可为^{2,3}, 陈利君¹, 雷嗣鹏¹, 李利强¹, 施晓春⁴, 黄来强^{2,*}

(1. 兰科植物种质资源保护中心, 深圳 518114; 2. 清华大学深圳研究生院生物医药研究中心, 深圳 518055;

3. 中国科学技术大学生命科学学院, 合肥 230027; 4. 高黎贡山自然保护区保山管理局, 保山 678000)

摘要: 杏黄兜兰 (*Paphiopedilum armeniacum*) 是中国特有的兰科濒危物种。自 2000 年 4 月 1 日至 2005 年 10 月 10 日, 在云南省怒山的落砂坡山选取 66 个调查点进行杏黄兜兰保育生态学研究: 对 443 基株共 1302 分株进行了繁殖式样、物候和生命周期等主要生物学特性, 以及对该物种的生境要求、群落结构特征等生态学特性进行了观察研究, 并在广东省深圳进行迁地保护和迁地繁殖后重返原产地的试验, 研究了原产地的气候、植被和其他环境因素与杏黄兜兰之间的关系以及杏黄兜兰迁地栽培和繁殖的无性后代重返原生长地的生物学特性。研究表明: 落砂坡山的杏黄兜兰在石灰岩上的次生灌木丛或草丛内生长良好; 它兼具性繁殖和无性繁殖, 无性繁殖的目的就是实现有性繁殖和延长基株的寿命; 无性繁殖有二种形式: 产生分蘖或根茎; 灌木丛或草丛的落叶为杏黄兜兰生长提供腐殖质, 杏黄兜兰根茎繁殖是它对落叶等覆盖的一种适应; 分株的开花率为 7.39% ± 1.02%, 开花分株的结果率为 32.23% ± 12.08%; 杏黄兜兰具有入侵适度破坏和正处于恢复初期的森林环境的能力, 而在茂密连片的大树森林内不能生长。杏黄兜兰在深圳人工疏林下生长良好并繁殖许多无性的克隆分株, 将繁殖的克隆分株重返原产地能正常开花和结实。试验结果显示, 杏黄兜兰可以进行迁地保护以保存种质资源和迁地繁殖的植株回归原产地。基于杏黄兜兰濒危机制的分析, 认为, 杏黄兜兰生存所面临的威胁是生长空间被完全剥夺和人为灭绝性采集而不是其自身存在的生物学缺陷, 为此, 提出了相应的保育对策。

关键词: *Paphiopedilum armeniacum*; 生境; 繁殖; 生命周期; 濒危机制; 迁地保护; 重返原产地; 保育对策

文章编号: 1000-0933(2006)09-2791-10 **中图分类号:** Q948, Q949.71 + 8.43 **文献标识码:** A

Conservation ecology of endangered species *Paphiopedilum armeniacum* (Orchidaceae)

LIU Zhong-Jian¹, LIU Ke-Wei^{2,3}, CHEN Li-Jun¹, LEI Si-Peng¹, LI Li-Qiang¹, SHI Xiao-Chun⁴, HUANG Lai-Qiang^{2,*}

(1. The National Orchid Conservation Center, Shenzhen 518114, China; 2. The Center for Biotechnology and BioMedicine, Graduate School at Shenzhen, Tsinghua University, Shenzhen 518055, China; 3. School of Life Sciences, University of Science & Technology of China, Hefei 230027, China; 4. Yunnan Gaoligongshan National Nature Reserve Bureau, Baoshan 678000, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(9): 2791 ~ 2800.

Abstract: *Paphiopedilum armeniacum* is an endangered orchid species endemic to China. From April 2000 to October 2005, we selected 66 observation sites in Luoshapo of Nushan Mountains in Yunnan to carry out the conservation ecological research on *P. armeniacum*. We sampled 443 genets (total 1302 ramets) of *P. armeniacum*, observed their biological characteristics such as reproductive pattern, phenology and life cycle, and studied the ecological habits of the species such as the habitat and the structure of communities. And we conducted experiments of ex-situ conservation and replanting the cloned ramets to the original

基金项目: 全国野生动植物保护及自然保护区建设工程资助项目; 广东省科技计划资助项目 (NO. 2004B26001070)

收稿日期: 2005-11-01; **修订日期:** 2006-09-03

作者简介: 刘仲健 (1958 ~), 男, 广东台山市人, 教授级高级工程师, 主要从事兰科植物研究. E-mail: szgarden@wtssmp.com

*通讯作者 Corresponding author. E-mail: huanglq@sz.tsinghua.edu.cn

致谢: 本研究团队部分成员私人提供经费资助; 容健斯提供交通资助; 赵木华、陈旭辉、容健斯、张永生协同参加调查、观察; 中国科学院昆明植物研究所李锡文教授帮助鉴定植物标本; 中国科学院植物研究所罗毅波教授给予指导, 在此致谢

Foundation item: The project was supported by National Program for Wild Life Conservation and Nature Reserve Construction, and by Science & Technology Plan of Guangdong (No. 2004B26001070)

Received date: 2005-11-01; **Accepted date:** 2006-09-03

Biography: LIU Zhong-Jian, Professor, mainly engaged in Orchidaceae. E-mail: szgarden@wtssmp.com

habitat after ex-situ reproduction in Shenzhen, Guangdong. We investigated the relationships between *P. armeniacum* and climate, vegetation and other environmental factors in the original habitat, and the biological characteristics of *P. armeniacum* asexual offsprings which were replanted to original habitat after ex-situ cultivation and reproduction. The studies show that *P. armeniacum* in Luoshapo grows very well in secondary shrub boskets or in tussocks on limestone hills; it has both sexual and asexual reproduction, asexual reproduction serves to fulfill the sexual reproduction and to extend the lifetime of genets, and does not reduce sexual reproduction; there are two modes of asexual reproduction — by tillering or by rhizoming; the litter of shrub boskets or tussocks provides *P. armeniacum* with humus, and the rhizome reproduction of *P. armeniacum* is an adaptation to the litter-covered condition, i. e. to escape from the unfavorable environment; blooming rate of ramets is $7.39\% \pm 1.02\%$, fruit set rate from the blooming ramets is $32.23\% \pm 12.08\%$; *P. armeniacum* is able to invade the moderately destroyed forests and those in early restoring, but unable to grow in large dense forests. *P. armeniacum* also grows very well in artificial spare woods in Shenzhen and can reproduce many cloned ramets which can normally bloom and fruit after being replanted to the original habitat. Our results show that *P. armeniacum* can be conserved by ex-situ conservation and replanting the ex-situ reproduced ramets to original habitat. Based on the analysis of endangered mechanisms of *P. armeniacum*, we conclude that *P. armeniacum* has strong capability of both asexual and sexual reproductions, and an emergency mechanism consisted of massive production of rhizomes to cope with damage; since highly effective pollinating insects are present in the habitat, flowering ramets produce fruits with large quantity of seeds, many of which in turn grow into new genets that can reproduce many cloned ramets; and *P. armeniacum* makes highly effective use of its environment, and has distinct characteristics of enduring harsh environmental conditions, therefore, the main threats which this species faces with are destruction of its survival space and the wipeout collecting of the plants for trading, rather than its own inherent biological defects. Based on these, we propose some appropriate strategies for the conservation of *P. armeniacum*.

Key words: *Paphiopedilum armeniacum*; environment; reproduction; life cycle; endangered mechanism; ex-situ conservation; replant to original habitat; conservation strategy

全世界所有野生兰科植物均被列入《野生动植物濒危物种国际贸易公约》的保护范围, 占该公约应保护植物的 90 % 以上^[1], 对中国兰科植物的研究和保育是世界兰科植物研究和保育工作的重要组成部分。在就地保育和迁地保育方面, 生境恢复、植物回归和复壮等新技术和方法的综合应用, 成为保育策略的核心。这些工作的开展为兰科植物保育策略提供科学依据, 它涉及到兰科植物生物学特性、居群生物学、生态学、繁殖生物学等各个学科的综合研究。我国目前对兰科植物的研究工作仍侧重于分类和系统学研究, 有关保育工作的研究仍处于初级阶段^[1]。

对兰科植物的保护是一个复杂的问题, 不仅取决于教育和经济的发展, 相当大程度上还取决于兰科植物自身的生物学特性^[2]。近年已对一些属中某些种进行了生物学分支的研究, 但对植物自身情况的了解甚为贫乏, 特别是引起兰花濒危的生物学原因^[2]。

研究兰科植物的生活史, 可掌握维持该物种的生存的生态环境及其生活史的不同阶段所需最佳生境, 为野生兰科植物提供有效管理。在这方面, 虽然有一些兰花物种被研究过^[3~5], 但对兰科植物个体在自然条件下的寿命仍然知之甚少, 而真正意义上的迁地保护工作目前尚未开展^[1]。因此, 开展规模繁殖以进行回归的研究是目前中国兰科植物保育工作中最为迫切也最为重要的课题。

兜兰属 (*Paphiopedilum* Pfitz) 植物是兰科植物最具欣赏价值的物种之一, 中国是兜兰属植物的主要产地, 但由于过度的采集、走私出境猖獗以及生境的破坏等原因, 近十几年来其数量急剧减少, 已经到了濒临灭绝的边缘^[1, 6~8]。目前, 对我国野生兜兰短期调查有许多报道^[9~17]。定点观察性的研究除紫纹兜兰 (*P. purpuratum*) 这一非喀斯特的物种作了较详细观察研究外, 其它种类未见有报道^[18]。杏黄兜兰 (*P. armeniacum* Chen et Liu) 是兜兰属较迟发现的物种^[19], 但它已多次获国际花展和兰展金奖和一级证书 (FCC) 等最高奖^[2], 是一个备受国际关注的一个中国特有的物种, 为此, 有必要对其分布范围、群落结构、传粉生物学和保育生态

学进行研究。本文就保育生态学的相关内容对云南省泸水县落砂坡山的野生杏黄兜兰进行定点观察、生物学特性的验证和迁地保护、人工繁育和重返原产地的试验,探讨其濒危机制,提出保护对策。

1 观察地理位置和气候

保育生态学研究的地点位于云南省泸水县老窝乡的落砂坡山(99°03'E,25°54'N),该地气候类型为亚热带山地季风气候。迁地保护研究的地点位于广东省深圳市梧桐山的西北坡的国家兰科植物种质资源保护中心(114°10'E,22°35'N),该地气候类型为南亚热带海洋性气候,常年主导风向为东南风,夏季多受台风影响。观察地(原地)与迁地保护地的气候^[20~22]如表 1。

表 1 原地与迁地保护地的气候

Table 1 Climates of in-situ and ex-situ conserved site													
地点 Site	海拔 Alt. (m)	平均气温			极端气温		年无霜期 Annual unfrost (d)	年降雨量 Annual raining quantity (mm)	非汛期 Less rain season	汛期 Rainy season	年日照 时数 Annual sunshine (h)	高温季节 High tem. season	低温季节 Low tem. season
		Average tem. ()			Extreme tem. ()								
		年 Annual	最冷月 Coldest month	最热月 Hottest month	高温 Max.	低温 Min.							
原地 In-situ	1700 ~ 2150	15. 1	9. 1	19. 6	31. 8	0. 6	282	1213	11 ~ 5 月 Nov. ~ May	6 ~ 10 月 Jun. ~ Oct.	2045	7 ~ 8 月 Jul. ~ Aug.	12 ~ 2 月 Dec. ~ Feb.
迁地 Ex-situ	30 ~ 50	22. 4	14. 1	28. 2	38. 7	0. 2	355	1883	10 ~ 3 月 Oct. ~ Mar.	4 ~ 9 月 Apr. ~ Sep.	2120	6 ~ 9 月 Jun. ~ Sep.	12 ~ 2 月 Dec. ~ Feb.

在观察期内,记录到落砂坡山的气温 10 (6:00)至 46 (16:00,阳光下的地表温度);湿度 12 % (白天)至 100 % (晚上);冬天有时下雪。该处的成土母岩主要是石灰岩风化物,土层瘠薄,除浅表层具少量泥土外,全部为直径 1 ~ 2cm 石灰岩碎石;坡度为 60 °~ 75 °(90 °)。阳光下,山下空气受热上升,形成较大山风。

2 研究方法

2.1 生物学特性

2.1.1 生境和生长状况调查 2000 年 4 ~ 6 月,在落砂坡山的杏黄兜兰生长区内,随机选择 40 个 1m × 1m 的样方进行杏黄兜兰生境和生长状况调查,统计每个样方内杏黄兜兰的基株(分株)数量、生境(群落郁闭度、伴生植物、小地形等)、记录每一基株的着生状况(土壤状况等)、长势(是否具环境胁迫)、根系伸展(深度、伸展方向及幅度)情况等。采集标本鉴定样方内的植物种类。

2.1.2 开花状况调查 2001 年 5 ~ 6 月,沿低海拔向高海拔(1700 ~ 2150m)方向,每隔 50m 选取一个调查点,共选取面积为 2m × 2m 的调查样方 8 个。每个样方进行 3 次调查。每次调查记录每个样方的杏黄兜兰每基株的克隆形态、植株大小;每基株开花状况以及花朵自然授精成功产生种子的果实数量等。第 1 次调查在盛花期进行,第 2 次调查在花期结束后进行,第 3 次在果实成熟时进行。2004 年 5 ~ 9 月随机选择标记开花分株以验证样方调查的结果。

2.2 无性繁殖特性

对开花状况进行调查的同时,对样方内的杏黄兜兰的无性繁殖方式进行观察,记录每基株的克隆分株的繁殖式样、数量和生长过程。

2.3 生物学特性和无性繁殖方式的验证

2001 年 5 月在深圳的郁闭度为 0.4 ~ 0.6、排水良好的人工疏林和郁闭度几乎为 1、排水良好的大树密林下,将在原产地随机采集的 120 基株分成 4 组,每组 30 基株。在人工疏林下,以 30cm × 30cm 株行距种植 2 组,种植时,将根全部埋入土内,裸露植株叶鞘基部。完成种植后,将其中 1 组作深埋处理(深埋组, $n = 30$):用腐殖土将植株掩盖至叶片中部;另一组不作处理(浅植组, $n = 30$);在密林下的 2 组按疏林处理方法作同样处理。观察疏林与密林、浅植与深埋的植株的生长和繁殖状况。

2.4 生命周期观察

2001 年 5 月在落砂坡随机选择已结果的 10 基株,以基株为中心设立 50cm × 50cm 样地。将样地内泥土翻

松,仔细检查确认没有杏黄兜兰的原球茎后恢复腐殖土层。待果实开裂后,记录样地内杏黄兜兰种子发芽数量和生长发育、开花、结实、分蘖、干枯的过程,以探明其生命周期。

2.5 迁地保护与重返原产地

为了检验杏黄兜兰迁往异地的生长状况和在异地繁殖的分株重返原产地生长状况,2000年5月在生长状况调查的1~8号样方内采集已开花不结实的10基株,裸根运送到迁地保护地深圳“国家兰科植物种质资源保护中心”,将每个调查点的基株分成2组,每组各5基株进行无性繁殖试验:一组盆栽($n=8$ 共40基株),另一组直接种于林下含沙石的土壤上($n=8$ 共40基株)。2001年5月和2002年5月进行繁殖数量统计。2003年4月将每样方盆栽繁殖增加的分株种植于原产地的原样方内($n=8$)。每个样方种植20分株(单芽基株),种植后浇1次定根水。2004年5月和10月、2005年5月和10月进行生长和开花状况记录。

2.6 破坏状况

对怒山杏黄兜兰生长区域的人为破坏状况进行考察和走访花卉市场及调查区附近花卉生产场所,记录贸易状况。

3 结果与分析

3.1 生物学特性

3.1.1 植被和群落结构 该野外研究区内植被为次生阔叶灌木林和草丛,植被被石灰岩块分隔呈丛团状分布。灌木林高1~1.5m,郁闭度为0.7~0.9,由于岩石分割和坡陡,斜阳能照射到林内地面。植物有灌木的云南杜鹃(*Rhododendron yunnanense* Franch.)、川西栎(*Quercus gilliana* Rehd. et Wils)、丁茜(*Trailliaedoxa gracilis* W. W. Smith et Forr)、小雀花(*Campylotropis polyantha* (Franch.) Schindl)、帽斗栎(*Q. guyavaefolia* L. é1)、麻栎(*Q. acutissima* Carr)、高山栎(*Castanopsis delavayi* Franch.)、黄背栎(*Q. fannosa* Hand.-Mazz)、黄花香(*Hypericum beanii* N. Robson)等;草本的长穗柄苔草(*Carex longipes* D. Don)、旱茅(*Schizachyrium delavayi* (Hack.) Bor)、镰喙苔草(*C. drepanarhyncha* Frand)、沙针(*Osyris wightiana* Wall. ex C. H. Wright)、细枝绣线菊(*Shiraea myrtilloides* Rehd)、撕裂野丁香(*Leptodermis scissa* H. Winkl)等;兰科的蕙兰(*Cymbidium faberi* Rolfe)、莲瓣兰(*C. tortisepalum* Fukuyama)、豆瓣兰(*C. serratum* Schltr.)、送春(*C. cyperifolium* var. *szechuanicum* S. C. Chen et Z. J. Liu)和离萼杓兰(*Cypripedium plectrochilum* Franch.)等。

3.1.2 生境和生长状况 杏黄兜兰多着生于山体的东北坡上,全部为地生,在灌丛、草丛、裸露坡地、岩缝上呈斑驳状分布和群居生长,密度为 (29.75 ± 5.93) 分株/ m^2 ($n=40$)。在栎属(*Quercus*)植物、旱茅等草本植物和附近长有黄花香的群落内或靠近这些植物的岩面植株较多,其中林下植物密度较高、坡度较小处植株较为密集。杏黄兜兰在郁闭度为0~90%的林下均有生长,它可忍受阳光直射和在斜阳照射到的高郁闭度的林下(陡坡)生长。在大乔木的密林下和在潮湿、平坦积水处以及海拔高于2250m的山上没有发现其生长。

该处灌木属高山落叶植物,旱生性,叶片角质层发达,落叶到了地面后腐烂形成了腐殖质,但叶脉及针刺等不容易腐烂而使腐殖质层长期处于疏松状态。草本植物根系将腐殖质固定,拦住随水流动的种子,使种子在该处发芽形成实生苗。因此,杏黄兜兰多生于灌丛或草丛内腐殖土积聚较多的岩面和迳流阻挡处。有些杏黄兜兰完全贴生于近于垂直的石壁上或石灰岩的浅洞内;有些基株生于完全裸露于阳光下仅有少量的腐殖土的石灰岩面。

生长于不同小生境的杏黄兜兰的分株长势、大小没有明显的区别,但生长在裸露岩面或峭壁上的基株在干旱的季节因缺水而出现叶片灰黄和皱缩,严重的叶片先端干枯或晒伤。未见因干旱而死亡的植株和发生雪害或冻害的植株。

杏黄兜兰的根系为浅根性,主要分布在碎石上的腐殖质层内,深度一般为2~3cm,最深不会超过5cm;根系横向伸展范围较大,但其伸展程度不均匀,在腐殖土丰富的一面,根系较为发达,且伸展的幅度较大,其范围达到盖度的2~3倍。杏黄兜兰根系的抓着力很差,很容易被拔起。

杏黄兜兰具有天然回归和复壮的能力。例如,在1984年准备建水电站而开挖形成的人工斜坡和渠面(海

拔 1900m) 生长有大量的植株 ;在毁弃的庙寺(海拔 2130m) 的残墙边上发现了多个生长正常的小居群 ;在人工杉木疏林下和人工迹地草丛内也有大量植株生长。它们已完成了多个世代的更替。

3.1.3 开花状态 在沿海拔梯度选择的 8 个观察样方内 ,共统计了杏黄兜兰 443 基株 1302 分株的开花状态。样方的分株始花期在 4 月下旬 ,盛花期在 5 月上旬 ,花期在 6 月上旬结束 ,果实在 9 月中旬至 10 月初成熟。花朵在没有被昆虫传粉的情况下开放时间为 $(31.2 \pm 4.7) d (n = 30)$ 。经 2001 年 5 月 10 日、6 月 10 日和 10 月 8 日的 3 次调查统计的各样方开花状况如表 2。

表 2 8 个观察点的杏黄兜兰的开花状态
Table 2 Blooming state of *P. armeniacum* at eight sites

样地 编号 Site no.	海拔 Alt. (m)	数量 Quantity		开花或结实分株数 Quantity of blooming or fruiting ramet			开花失败分株数 Quantity of failed blooming ramet		Σ	开花率 Rate of blooming (%)	果实数 Fruit quantity	结果率 Fruit set rate (%)
		基株 Genets	分株 Ramets	开花 Flowering	含苞 Budding	结实 Fruiting	昆虫毁坏 Destroyed by insects	花苞凋谢 Fading in bud				
01	1700	52	146	2	3	3	1	1	10	6.85	5	50.00
02	1750	55	163	2	2	4	2	2	12	7.36	6	50.00
03	1800	56	171	3	4	4	1	2	14	8.19	4	28.57
04	1850	59	178	4	3	4	2	1	14	7.87	5	35.71
05	1900	51	149	3	2	2	1	0	8	5.37	2	25.00
06	1950	53	145	2	3	3	1	1	10	6.90	2	20.00
07	2000	62	186	4	2	5	2	2	15	8.06	3	20.00
08	2150	55	164	6	4	4	0	0	14	8.54	4	28.57
Σ		443	1302	26	23	29	10	9	97	59.14	31	257.85
$\bar{x} \pm SD$		55.38 $\pm$ 3.66	162.75 $\pm$ 15.25	3.25 $\pm$ 1.39	2.88 $\pm$ 0.83	3.63 $\pm$ 0.92	1.25 $\pm$ 0.71	1.13 $\pm$ 0.83	12.13 $\pm$ 2.53	7.39 $\pm$ 1.02	3.88 $\pm$ 1.46	32.23 $\pm$ 12.08

2004 年 5 月 1 日随机选择标记了 86 朵正在开放的花 ,到 6 月 16 日统计已有 32 朵花授精结果 ,为被标记花朵数的 37.21 % ,其余 54 朵花已干枯脱落。9 月 20 日统计成熟果实有 28 个 ,为被标记花朵数的 32.56 % ,与沿海拔梯度选择样方的调查结果相近。

杏黄兜兰的花期变化较大 ,这主要是与雨季来临时间有关。它在秋季形成花苞 ,在干旱的冬季花苞处于休眠状态 ,待到雨季到来 ,雨水打破休眠促使花朵开放。若发生春旱 ,花期就会推迟。杏黄兜兰一个分株的基株也能开花。每个分株在其生命周期内仅开花 1 次 ,即花芽分化后的分株无论开花是否成功不会再分化花芽。

3.2 无性(克隆)繁殖特性

杏黄兜兰的无性(克隆)繁殖具 2 种形式 ,一是从花后分株的基部直接分蘖生长成新分株 ;二是从花后分株的基部长出根状茎 ,然后伸出土面生长成新基株。

直接分蘖繁殖是正常生长的基株通常采用的无性繁殖方式 ,当实生苗或分株生长到 3~6(8) 片叶就会开花 ,开花后的分(基) 株会从叶鞘基部生出分蘖芽。分蘖芽发育至具 3~6 片叶时便分化花芽。同一基株有同时生长 2~3 个分蘖芽 ,由多芽组成的丛状基株中 ,当年开完花的分株均可生长分蘖芽。未经有性阶段(花后) 的分株一般不进行分蘖繁殖。

杏黄兜兰被覆盖后具有很强的根茎繁殖的能力。当植株受到落叶、泥土覆盖后 ,从基部萌发根状茎 ,根状茎具有顶端生长优势 ,逐渐生长伸长 ,钻出覆盖层形成新个体。根状茎长度从 3~5cm 到 10~15cm 长不等 ,这取决于植株被埋的深度。一个基株可分生出数条根状茎 ,并都可以长成新植株。根状茎伸出土层后就会长出叶鞘和叶片 ,在叶鞘基部生长出新根 ,新的个体就会形成。根状茎顶端长成新的分株后 ,根状茎就会腐烂干枯 ,分株与母株断开形成独立的新的基株 ,母株也因被覆盖而死亡。严重被覆盖的基株因根状茎钻不出覆盖物而死亡。没有被覆盖的植株只产生分蘖芽不产生根状茎。被拔起或雨水冲起置于地面的植株 ,在荫湿条件下会萌发根状茎伸向地面长成新个体。根状茎繁殖的个体一般经过 2a 才能成熟开花。

3.3 生物学特性和无性繁殖方式的验证

在人工疏林下种植的基株一个月后,浅植组(shallow-planted group, SPG)所有成活基株均长出分蘖芽,深埋组(deep-buried group, DBG)所有成活基株均长出根状茎,其繁殖方式见表3。分蘖芽数量,浅植组与深埋组有显著差异($t = 2.971$, $df = 58$, $p < 0.001$);根状茎数量,深埋组与浅植组也有显著差异($t = 3.082$, $df = 58$, $p < 0.001$)。结果表明根状茎的产生与植株被覆盖具有高度相关性,与野外观察结果相一致。

在密林(dense forest, DF)或疏林(spare forest, SF)下种植的基株,一个月后均萌发新芽或根状茎,但密林下的基株萌发的新芽或根状茎黄化弱小并逐渐干枯,其成活率见表4。疏林与密林下种植的基株成活率($n = 30$)具显著差异($t = 3.551$, $df = 58$, $p < 0.001$)。结果表明,杏黄兜兰在疏林下生长良好,但不能在大树密林内生长,与野外调查结果相一致。

表3 疏林下浅植与深埋的杏黄兜兰繁殖方式

Table 3 Reproductive Mode(RM) of *P. armeniacum* in SPG and DBG in spare forest

组别 Group	繁殖方式 RM	样方号 Sample no.																														$\bar{x}$ $\pm$ SD
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
浅植组 SPG	分蘖芽 Tiller	1	2	3	2	1	3	3	2	1	3	2	2	2	1	2	3	2	1	3	2	2	2	2	1	1	1	2	3	3	3	2.03 $\pm$ 0.76
	根状茎 Rhizome	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
深埋组 DBG	分蘖芽 Tiller	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	根状茎 Rhizome	2	3	4	5	2	3	4	3	4	3	2	3	3	1	2	4	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	4	2	1	3	2.80 $\pm$ 0.92

表4 密林与疏林下栽种的杏黄兜兰成活率

Table 4 Statistic of *P. armeniacum* viable rate cultivated in DF and SF

样方号 Sample no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	$\bar{x} \pm SD$	
疏林 SF	100	0	100	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	93.33%	$\pm 25.37\%$
密林 DF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%

3.4 生命周期

2001年9月下旬,标记的植株的果实全部开裂,种子散播出去。2002年6月检查,种子已长成直径约1.5cm的原球体,原球体长出一条地下茎伸出土面。2002年7月检查,地下茎顶芽开始长叶,到2002年10月已长出2~3片叶子;样方内平均长有实生苗 2.3 ± 1.3 株($n = 10$)。2003年5月检查,实生苗已长出4~6片叶子。2004年5~6月已有8株开花,其中3株结实。2005年5~6月有15株开花,其中6株结实。所有分株在花果期结束后开始萌发分蘖芽。在人工栽培条件下,健壮的基株在花苞形成后也可以在分株基部萌发1~2个分蘖芽。

杏黄兜兰的基株从芽萌发到叶子全部老化枯萎留下残茎约需1~4a时间,个体间差异较大。春天,当分蘖芽从母株发生时,当年可长出4~5片叶,有的新分蘖芽的顶端生长点受到如虫咬等伤害不能正常开花,到当年秋天就会生长新分蘖芽。一般情况下,杏黄兜兰1a只生长1次分蘖芽。当叶片生到4~5片或以上时,营养生长就会停止,转入花芽分化。分株经1~2年生长就会开花,花后再分蘖新芽,并逐渐老化干枯,但地下短茎仍然存活多年,人工将其分株后还会再生长分蘖芽形成新的植株。分蘖芽的多少和经过有性繁殖后的分株的老化与其所处小生境有关,好的可达4个世代,差的1个世代就老化干枯,基株一般维持在2~3克隆分株。

3.5 迁地保护与重返自然

3.5.1 迁地保护 盆栽的杏黄兜兰,当年就会分生出多个根状茎或分蘖芽,经2a生长而开花。通过人工异

花或自花传粉均结果产生种子。花后的分株萌发分蘖芽。地栽的杏黄兜兰具有与盆栽相同的结果。其繁殖状况如表 5 和表 6 ,其结果显示 ,迁地的杏黄兜兰无论是盆栽或地栽 ,均有效地进行无性繁殖 ,表明杏黄兜兰可以进行迁地保护或人工规模繁殖。

表 5 8 个观察点的杏黄兜兰迁地盆栽繁殖状态

Table 5 Reproductive state of cultivated P. armeniacum in pot of eight sites							
样地编号 Site no.	基株数量 Quantity of genet	2000 ~ 2001 年克隆分株数量 Quantity of cloned ramet		2002 年克隆分株数量 Quantity of cloned ramet		Σ	增长率 Growth rate (%)
		分蘖 Tiller	根状茎 Rhizome	分蘖 Tiller	根状茎 Rhizome		
01	5	0	15	2	0	22	340
02	5	1	8	1	1	16	220
03	5	2	12	3	0	22	340
04	5	3	4	1	2	15	200
05	5	0	14	2	0	21	320
06	5	0	18	3	0	26	420
07	5	2	9	2	1	19	280
08	5	1	8	2	0	16	220
Σ	40	9	88	16	4	157	292.50
$\bar{x} \pm SD$	5 ±0	1.13 ±1.13	11 ±4.57	2 ±0.76	0.5 ±0.76	19.63 ±3.81	292.5 ±76.30

3.5.2 重返自然 2004 年统计 ,重返自然的基株的成活率为 38.13 % ±13.91 % ($n = 8$) 。成活的基株在野外正常生长和开花 ,开花率为 14.38 % ±9.16 % ($n = 8$) ,花期发现有长尾管蚜蝇 (*Eristalis lenax*) 、莫芦蜂 (*Ceratina morawitzi*) 和隧蜂 (*Lasioglossum pronotale*) 访花 ,花朵产生果实 ,结果率为开花分株的 35.83 % ±30.31 % ($n = 8$) 。2005 年开花率为 26.25 % ±9.60 % ($n = 8$) 。重返自然的基株生长、开花状况见表 7 。试验结果表明 ,杏黄兜兰通过人工无性繁殖的分株重返原产地的结果率与自然结果率没有明显差别 ($t = 0.1878$, $df = 14$, $p = 0.8537$) 。

表 6 8 个观察点的杏黄兜兰迁地林下生长状态

Table 6 Reproductive state of cultivated P. armeniacum in forest of eight sites							
样地编号 Site no.	基株数量 Quantity of genet	2000 ~ 2001 年克隆分株数量 Quantity of cloned ramet		2002 年克隆分株数量 Quantity of cloned ramet		Σ	增长率 Growth rate (%)
		分蘖 Tiller	根状茎 Rhizome	分蘖 Tiller	根状茎 Rhizome		
01	5	0	15	2	1	23	360
02	5	1	8	1	2	17	240
03	5	2	12	2	0	21	320
04	5	3	4	3	0	15	200
05	5	0	14	2	0	21	320
06	5	0	18	1	1	25	400
07	5	2	9	2	1	19	280
08	5	1	8	1	1	16	220
Σ	40	9	88	14	6	157	292.50
$\bar{x} \pm SD$	5 ±0	1.13 ±1.13	11 ±4.57	1.75 ±0.71	0.75 ±0.71	19.63 ±3.50	292.5 ±70.05

3.6 破坏状况

杏黄兜兰生境的破坏主要是土地被开发利用 ,使其生长空间完全被剥夺 ,例如开荒种植玉米、过度放牧 (牛和羊) 、砍伐天然植被等 ,造成了杏黄兜兰以不大的居群规模分布在呈片断化的生境中。这些情况在低山地区相当严重。

另一种破坏是由于杏黄兜兰叶子具美丽的斑纹 ,花大而色雅 ,花期又长 ,是一种观赏价值较高的植物。该物种的组培生产未获成功 ,因此 ,市场上交易及栽培的种源全部来自野生。目前这种情况对野生杏黄兜兰造

成非常严重的破坏。我们发现在产地的花卉市场,均有杏黄兜兰植株兜售;甚至有中外人员相互勾结,采集具花苞的野生分株走私出境,造成开花植株数量减少,影响有性繁殖。

表 7 杏黄兜兰重返原产地的生长和开花状况

Table 7 Growing and flowering state of *P. armeniacum* replanted in original habitat

样地编号 Site no.	重返基株数 Quantity of replanted genet	2004 年				2005 年			
		成活基株数 Quantity of viable genet	克隆分株数 Quantity of cloned ramet	开花分株数 Quantity of flowering ramet	结果分株数 Quantity of fruiting ramet	克隆分株数 Quantity of cloned ramet	开花分株数 Quantity of flowering ramet	结果分株数 Quantity of fruiting ramet	结果率 Fruit set rate (%)
01	20	11	31	5	1	36	8	3	37.50
02	20	7	12	1	0	15	3	1	33.33
03	20	9	20	3	1	22	7	3	42.86
04	20	4	28	4	2	28	7	2	28.57
05	20	6	11	2	1	14	3	1	33.33
06	20	8	16	1	0	18	5	2	40.00
07	20	12	20	6	2	23	6	1	16.67
08	20	4	7	1	1	10	3	1	33.33
Σ	160	61	145	23	8	166	42	14	265.60
$\bar{x} \pm SD$	20 $\pm$ 0	7.63 $\pm$ 2.97	18.13 $\pm$ 8.34	2.88 $\pm$ 1.96	1 $\pm$ 0.76	20.75 $\pm$ 8.40	5.25 $\pm$ 2.05	1.75 $\pm$ 0.89	33.20 $\pm$ 8.04

4 讨论

4.1 生物学特性的探讨

杏黄兜兰具有迁地保护和原地保护的生物学基础。它可在原产地或迁地保护地的高温(31~38℃)和低温(0.2~0.6℃)、多雨和干旱、高海拔和低海拔等变化幅度较大的环境中生长,反映出这一物种对气候和生境有较强的适应能力;表明其既可迁往异地保护也可以在原地的生态演化中扮演重要角色。它是植被恢复的先锋植物种类,当生长地停止破坏,杏黄兜兰与植被同时甚至先于其它植物恢复生长。杏黄兜兰不能在良好的森林环境中生长,而在次生林、人工林、人工迹地、草坡中甚至裸露岩面大量生长,表明杏黄兜兰具有杂草的一些特性,其生长需要一定的扰动,作为濒危物种进行保护要充分考虑它的这种特殊性。从杏黄兜兰的生命周期也可以看到,在原产地由种子发育成新的个体,并完成世代更替需时不长,对新生境的入侵也不需特别的技巧。因此,我们认为杏黄兜兰在进化过程中是一个异化的物种,它适应恶化的环境,并依赖这种环境生长。因此,适度的环境恶化或破坏,反而有利它的繁衍。中国一家机构的调查报告中认为杏黄兜兰数量呈大量增加的趋势,其结论可能反映了杏黄兜兰当时的真实情况^[6],表明其分布的环境持续恶化,但环境持续恶化到它难以承受时必然走向灭绝。另一方面,若分布区内的植物群落演替至如怒江西岸高黎贡山的大树密林那样的植物群落,它将因其地生,植株矮小,不会像紫毛兜兰(*P. villosum*)那样,“爬”到树上生长^[25]而竞争不过其它植物而消亡。这可能也是它分布狭窄的原因之一。这些结果可能显示杏黄兜兰是一个后来的或者说是现代的一个较为进化的物种。若要它自身的繁衍成功或人工保护具有成效,必须在生境的好与坏之间取得均衡。

深埋的植株仅产生根状茎,而浅植的植株仅产生分蘖芽不会产生根状茎,是否杏黄兜兰对生长环境适应的一种生存反应。在野外,植株经常被落叶和疏松的泥土覆盖或被雨水连根冲出土层,它们必须伸出覆盖层或重新进入土层才能生长,否则就会死亡。因此,杏黄兜兰产生根状茎繁殖新个体的形式,虽然是分蘖繁殖的另一种形式,其实也是对生长环境的适应进化出来的一种生存保障,它通过根状茎延长的手段逃离不宜的环境,甚至逃避死亡。

杏黄兜兰另一种对生长环境适应的生存反应是具有开花分株结实后老化进程的自我调控能力。生长环境优越时,分株经过4年才老化干枯;生长环境恶劣时,结实后长出新分蘖芽,母株就开始老化,显然是保证将

有限资源留给新的植株,以避免亲代与子代之间的冲突^[23],这种自我调控能力是一种生活史的权衡^[24]。

杏黄兜兰既可种子繁殖又可营养繁殖,营养后代(分株)的空间散布既较为稀疏(根状茎繁殖)也较为密集(直接分蘖),分株与母株保持一定的身体连接与生理整合。这种连接和整合作用对于分蘖芽形成的分株较为紧密和持久,根状茎形成的分株却较短暂。在紧急的情况下以根状茎形式有选择地把分株放置在条件良好斑块内,其代价是母株的死亡。根状茎繁殖比分蘖芽繁殖的资源付出更大,所以根状茎繁殖只是在不得已的情况才使用。克隆生长对基株而言,由于它不断分裂成无性分株,确实可以使基株有可能逃避衰老,而对分株而言,其自身的营养生长所积累资源的最终结果是最大限度实现有性繁殖的成效和有性繁殖后产生新的分株,资源的付出的结果是自身的衰老。

杏黄兜兰开花分株的结果率约为 1/3,结果率不是很高,这是由于它模仿伴生植物以吸引传粉昆虫,技巧较为进化,易受到环境因子的影响而中断,但一个蒴果有多达 50000 粒种子,表明其有性繁殖继续有效,而克隆生长必须在有性繁殖之后进行,可以看出杏黄兜兰的克隆生长完全是为了有性繁殖而不会导致有性繁殖的减弱或丢失。

4.2 迁地保护与重返自然

杏黄兜兰从它的首次发现到现在已因各种渠道流失到世界许多地方,在世界性的兰花展览会上有栽培良好的植株参展^[2],侧面上表明杏黄兜兰这一物种可以进行异地人工栽培。从 4.1 的分析结合迁地试验结果可以看到,该物种完全可以进行迁地保护,而经异地繁殖的分株重返原产地试验,无性繁殖植株对原产地的生境有很好的适应。因此,我们认为,杏黄兜兰进行迁地保护和繁殖后重返自然应该没有技术障碍,并且方法简单易行,成本低廉。只有通过人工规模繁殖,满足市场的需求,减轻对野生资源的人为破坏,同时,通过将繁殖的植株重返原产地种植,可以恢复杏黄兜兰野生居群。当然,这些工作必须兼顾杏黄兜兰的居群遗传性,以保持这一物种的种质资源多样性。

4.3 濒危机制及保育对策

杏黄兜兰自身具有很强的无性繁殖和有性繁殖能力。无性繁殖分蘖芽多,而且具有应付伤害而产生大量根状茎的应急机制;生境中有效的传粉昆虫可使不少的开花植株产生果实,果实具有大量种子,不少种子可以有效地萌发成新的基株;它同时具有高效地利用环境、忍受恶劣环境的特性和延长基株寿命、逃避死亡的策略以及老化进程调控能力。因此,它不至于因自身的生物学原因而濒临灭绝。目前,杏黄兜兰所受到的威胁除来自大量采挖活动外,主要来自于人们对生境的过度破坏,使其生长空间被完全剥夺或生长环境受到人为颠覆性的改变。这是造成杏黄兜兰濒危的主要原因。

由于杏黄兜兰是一个窄域分布的物种,在怒山地区形成了“特有中心”。由于它具有向外扩散和入侵能力,只有在“中心”的石灰岩地区的川西栎等灌木丛内,使其种源维持在一定的数量,当附近被破坏的地方小生境稍为恢复,如退耕还林,土地不再频繁被翻动和雨水的冲刷,它就会快速入侵,并大量繁衍。针对这种情况,保护杏黄兜兰从保护其原有生境入手。设立保护样地,建立母居群,实行封闭式保护,消除人为经济活动对其生存构成的威胁,以维持生境的稳定和连续,并满足石灰岩地区的灌木林生长条件,实行综合性的保护,为传粉昆虫生长提供环境保证。在原产地的人为采集、陡坡开垦、山地过度放牧和大面积种植外来树种以及人为商业采集等无法控制的情况下,应尽快将一些植株迁往异地予以保存,并开展人工播种繁殖,以积存大量人工繁殖苗为回归自然做准备,使这一濒临灭绝的物种重获生机,并生生不息。

References:

- [1] Luo YB, Jia J S, Wang CL. A general review of the conservation status of Chinese orchids. Biodiversity Science, 2003, 11(1): 70~77.
- [2] Chen S C, Luo YB. Advances in some plant groups in China: a retrospect and prospect of Orchidology in China. Acta Botanica Sinica, 2003, 45: 2~20.

- [3] Liu F Y, Zhang Y. Biological observations on *Gastrodia elata* Bl. . Acta Botanica Yunnanica , 1975 ,1(1) :45 ~ 49.
- [4] Chow S. The life circle of *Gastrodia elata* Blume. Acta Botanica Yunnanica , 1981 , 3(2) :197 ~ 202.
- [5] Weng E S, Hu H, Li S Y, et al. Differentiation of flower bud of *Cypripedium flavum*. Acta Botanica Yunnanica , 2002 ,24(2) :222 ~ 228.
- [6] Luo Y B, Jia J S, Wang C L. Conservation strategy and potential advantages of the Chinese *Paphiopedilum*. Biodiversity Science , 2003 ,11(6) :491 ~ 498.
- [7] Chen S C. *Paphiopedilum*. Flora Reipublice popularis sinicae. Beijing: Science Press , 1999 ,Tomus 17 :52 ~ 72.
- [8] Chen S C. Orchids and their conservation in China. Proc 5th Asia Pacific Orch Conf & Show , 1996. 49 ~ 52.
- [9] Cribb P, Luo Y B. *Paphiopedilum malipoense* in China. Orchid Review , 1998 ,1224 :343 ~ 345.
- [10] Cribb P, Luo Y B, Siu G. *Paphiopedilum armeniacum* in its natural habitat in western Yunnan. Orchid Review , 1998 ,1223 :271 ~ 273.
- [11] Cribb P, Luo Y B, McGough N, et al. The distribution, ecology and conservation status of *Paphiopedilum micranthum* (Orchidaceae) in South-west China. Orchid Review , 1999 ,1227 :149 ~ 152.
- [12] Cribb P, Luo Y B. *Paphiopedilum malipoense* in China. Orchid Conservation News , 1999 ,1 :9 ~ 10.
- [13] Cribb P, Luo Y B, Siu G. *Paphiopedilum dianthum* in south-east China. Orchid Review , 1999 ,1229 :289 ~ 291.
- [14] Cribb P, Luo Y B, Gloria S. *Paphiopedilum concolor* (Lindl.) Pritz and *Paphiopedilum bellatulum* (Rchb. F.) Stein in China. Die Orchidee , 1999 ,50(4) :378 ~ 382.
- [15] Cribb P, Luo Y B, Siu G. Observations on *Paphiopedilum emersonii* in southeast Guizhou. Orchid Review , 2001 ,1242 :351 ~ 355.
- [16] Cribb P, Luo Y B, Siu G. *Paphiopedilum micranthum* in North-east Guizhou , a significant range extension. Orchid Review , 2002 ,1243 :40 ~ 43.
- [17] Tsi Z H, Luo Y B, Cribb P, et al. A preliminary report on the population size , ecology and conservation status of some *Paphiopedilum species* (Orchidaceae) in South-west China. Lindleyana ,1999 ,14(1) :12 ~ 23.
- [18] Liu Z J, Zhang J Y, Ru Z Z, et al. Conservation biology of *Paphiopedilum purpuratum* (Orchidaceae) . Biodiversity Science , 2004 ,12(5) :509 ~ 516.
- [19] Chen S C, Liu F Y. Notes on some species of *Paphiopedilum* from Yunnan. Acta Bot. Yunnan , 1982 ,4(2) :163 ~ 167.
- [20] Zhao D H ed. Map of Yunnan. Beijing: Map Press of China , 1999. 181 ~ 182.
- [21] <http://www.ynmw.gov.cn/Modules/Document/infoshow1.aspx?kid=5802>
- [22] Chen L E ed. Plants in Wutong Mountain. Beijing: China Forestry Publishing House , 2003. 1.
- [23] Hardling R. Nilsson P. A model of triploid endosperm evolution of angiosperm seeds. Oikos , 2001 , 84 : 27 ~ 34.
- [24] Obeso J R. The costs of reproduction in plants. New Phytologist , 2002 , 155 : 321 ~ 348.
- [25] Cribb P. The Genus *Paphiopedilum* (2ed) . Kota Kinabalu: Natural History Publications (Borneo) , 1998 ,254 ~ 260.

参考文献:

- [1] 罗毅波,贾建生,王春玲. 中国兰科植物保育的现状和展望. 生物多样性,2003,11(1) : 70 ~ 77.
- [6] 罗毅波,贾建生,王春玲. 初论中国兜兰属植物的保护策略及其潜在资源优势. 生物多样性,2003,11(6) : 491 ~ 498.
- [7] 陈心启. 兜兰属. 中国植物志. 北京:科学出版社,1999. 17 : 52 ~ 72.
- [18] 刘仲健,张建勇,茹正忠,等. 兰科紫纹兜兰保育生物学研究. 生物多样性,2004,12(5) : 509 ~ 516.
- [20] 赵鼎汉主编. 云南省地图册. 北京:中国地图出版社,1999. 181 ~ 182.
- [22] 陈里娥主编. 梧桐山植物. 北京:中国林业出版社,2003. 1.