

神农架南坡珍稀植物独花兰的物候、繁殖及分布的群落特征

熊高明¹, 谢宗强^{1*}, 熊小刚¹, 樊大勇¹, 葛 颂²

(1. 中国科学院植物研究所植被数量生态学开放研究实验室, 北京 100093; 2. 中国科学院植物研究所系统与进化植物学开放研究实验室, 北京 100093)

摘要: 神农架南坡独花兰分布的群落一般位于坡度 15~45° 的阴坡, 海拔范围为 1300~1700m。土壤类型主要为山地黄棕壤, pH 值 5.0~5.6。9 月中下旬独花兰地下假鳞茎萌出土并开始展叶, 11 月中下旬抽生花葶, 次年 3 月下旬开花, 4 月下旬至 5 月上旬叶片逐渐枯死, 地下部假鳞茎开始发育, 9 月中下旬假鳞茎发育成熟, 10 月下旬至 11 月上旬果实成熟。独花兰的结实率两年的调查结果差异较大, 分别为 2.3%、9.5%。每株独花兰每年能长出 1~3 个假鳞茎, 抽生 1~3 个叶片和花葶。神农架南坡独花兰主要分布在以化香 (*Platycarya strobilacea*)、四照花 (*Dendrobenthamia japonica*)、华千金榆 (*Carpinus cordata* var. *chinensis*) 等为主的落叶阔叶林下以及以箬竹 (*Indocalamus tessellatus*) 灌丛下, 群落物种组成中北温带成分占绝对优势。群落遭到不同程度的人为干扰, 随着干扰强度的递增, 独花兰在不同群落中的个体数量有递减的趋势, 在郁闭的森林下个体数量最大而箬竹灌丛下最小。人为干扰, 结实率低、种子萌发困难是导致独花兰濒危的主要原因; 建立保护区, 恢复独花兰分布区的森林植被是保护独花兰的有效途径。

关键词: 独花兰; 物候期; 繁殖; 群落特征; 濒危; 保护

The phenology, reproduction and community characteristics of *Changnienia amoena*, a rare species in southern part of Shennongjia Mountain range

XIONG Gao-Ming¹, XIE Zong-Qiang¹, XIONG Xiao-Gang¹, FAN Da-Yong¹, GE Song²

(1. Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; 2. Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(1): 173~179.

Abstract: *Changnienia amoena* is a rare species endemic to China, which belongs to Orchidaceae. In order to understand why this plant has been endangered, we studied the phenology, reproduction and community characteristics of *C. amoena* populations that occurred in southern part of Shennongjia Mountain range. Thirteen plots were sampled to investigate the community composition. Our results showed that *C. amoena* generally distributed on shaded slope of 15~45°, with altitudes of 1300~1700m. Its buds emerged to above ground at middle or late September. Scapes took place in the mid-November. Flowers bloomed in

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目 (G2000046805); 中国科学院知识创新工程重要方向资助项目 (KSCX2-SW-109)

收稿日期: 2001-05-12; **修订日期:** 2002-10-25

作者简介: 熊高明 (1969~), 男, 江西丰城人, 硕士, 助理研究员。主要从事保护生态学研究。xgm@ns.ibcas.ac.cn

* 通讯作者 Author for correspondence

Foundation item: This work was supported by the State Basic Research and Development Plan (G2000046805); the important directional item of CAS' knowledge innovative project (KSCX2-SW-109)

Received date: 2001-05-12; **Accepted date:** 2002-10-25

Biography: Xiong Gao-Ming, Master, Assistant professor. Mainly study in conservation ecology. xgm@ns.ibcas.ac.cn

mid-March of the next year, and leaves started to shed off in late April or early May. New pseudo-bulbs began to appear in late April or early May and matured at middle or late September. Seed capsules ripened in early November. The fruiting percentage was low and varied from 2.3% to 9.5% in two years. One plant produced 1~3 new pseudo-bulbs thus one plant could produce 1~3 scapes per year. The population of *C. amoena* in Shennongjia region distributed mainly in those forest patches dominated by *Platycarya strobilacea*, *Dendrobenthamia japonica*, and *Carpinus cordata* var. *chinensis*. These species belongs to North Temperate floristic elements according to Wu's system. Evergreen species was rare in these patches. All of these forest patches were heavily disturbed, and the population of *C. amoena* was endangered. The number of plants of *C. amoena* decreased with the increasing of disturbance intensity. Heavy disturbance, low fruiting rate, and low germinating rate were the major causes resulting in the endangered situation of *C. amoena*. We suggest establish nature reserve in order to restore forest vegetation and to conserve *C. amoena*.

Key words: *Changnienia amoena*; phenology; reproduction; community characteristics; being endangered; conservation

文章编号:1000-0933(2003)01-0173-07 中图分类号:Q16,Q948 文献标识码:A

独花兰最早发现于浙江西天目山与江苏宝华山,其它分布区虽有一定数量的植株,但因连年乱砍林木,生境渐趋恶化,而日益减少。更严重的是本种的假鳞茎是治疗疮毒与蛇伤的良药,有些产区的群众常采掘全株入药,破坏极大^[1]。

独花兰属兰科(Orchidaceae)、独花兰属(*Changnienia*),是我国特有的单种属植物。它不仅对兰科植物系统发育研究有重要的学术意义,而且是优良的野生花卉与珍贵的药用植物,具有较高的经济价值,《中国植物红皮书——稀有濒危植物(第一册)》将其列为稀有种^[1]。兰科植物目前大部分种类受破坏严重,普遍处于濒危状态,因此,全部兰科植物已被作为国家重点保护野生植物^[2]。已公布的《国家重点保护野生植物名录(第一批)》重点收列了具有重要经济、科研价值的物种,《名录》(第二批)主要收列濒危程度高的物种,独花兰和其它兰科植物已收列其内,将上报国务院批准后公布^[2]。

据研究,假定种群灭绝和生境丧失是一种线性关系,那么全球仅热带森林每小时就有约1800个种群遭到破坏(1600万个/a)^[3]。本文为独花兰保护生态学研究的一部分,旨在通过对神农架南坡独花兰的物候和繁殖特性以及群落生境的调查,为研究独花兰的濒危原因,制定该物种的保护对策提供参考。

1 自然概况与研究方法

神农架地区位于湖北省西部,地理位置在北纬31°15'~31°57'、东经109°56'~110°58',总面积约3250km²。神农架在地质构造上位于我国新华夏体系第三隆起带的中段,是以前震旦纪浅变质岩系为主的柔性结晶岩层所组成的亚高山,以山高、坡陡、谷深为其特征,其最高峰神农顶为“华中第一峰”(海拔3105m),区内总地势西南高东北低。神农架地区居长江中游,属北亚热带季风区,主要受亚热带气候环流系统控制,高空西风环流也有一定影响,全年80%盛行东南风,由于山体高大,气温垂直分带明显,可分为亚热带(海拔1500m以下)、暖温带(1500~2600m)、温带(2600m以上)3个生物气候带。区内土壤主要为山地黄棕壤、山地棕壤、山地暗棕壤、棕色针叶林土、山地草甸土等^[4-6]。主要植被类型有常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林、针叶林等。该区位于中国种子植物特有属分布三个中心之一的川东-鄂西中心^[7],其植物区系起源古老,我国特产的单种属多;植被组成成分丰富,热带、亚热带和温带的种类多;植被组成成分复杂,来源多歧^[6]。

自1999年开始,对神农架南坡——龙门河地区的野生独花兰的物候和繁殖进行了观察,并在中国科学院神农架生物多样性定位研究站苗圃(位于湖北省兴山县龙门河,海拔1290m)进行了原地迁移栽培。对龙门河地区独花兰分布的群落进行了全面的样地调查,共设置样地13个。样地大小根据群落中独花兰的分布面积和群落类型而定,森林群落一般为20m×20m(共3个),另有1个因地形原因只做了10m×20m;

疏林为 $10\text{m} \times 10\text{m}$ (7 个); 灌丛为 $5\text{m} \times 5\text{m}$ (2 个)。根据“中国科学院生态系统多样性研究森林植物群落调查表”的调查项目进行调查, 记载样地大小、位置、生境、物种组成等以及乔、灌、草各层盖度, 对乔木树种按 $\text{DBH} \geq 4.0\text{cm}$ 测量胸径、树高、枝下高、冠幅等。对灌木种和草本植物则记载每个种的盖度。其它记载项目还有物候期、生活型等。每个样地按 $0 \sim 20\text{cm}$ 土层随机取土样 1 份。

2 结果与分析

2.1 独花兰的生态地理分布

根据前人资料^[1,7-13], 独花兰分布于我国东部和中部亚热带丘陵山地, 海拔 $400 \sim 1700\text{m}$ 。产江苏、浙江、安徽、江西、湖南、湖北、河南、陕西、四川、重庆等省市。最近的调查还发现以前文献中没有记载的产地如重庆奉节、南川(金佛山)、湖北兴山等(图 1)。从分布图看, 独花兰形成庐山-西天目山和武陵山-大巴山两个分布较集中的区域。事实上, 这两个区域正是亚热带地区森林植被保存相对完好的地区, 在两个中心之间的广大丘陵、平原区, 数千年的垦殖, 已使原有生境的大部分变为农田, 这些地区虽有独花兰分布, 但是零散地分布于一些植被保存相对较好的丘陵或山地。

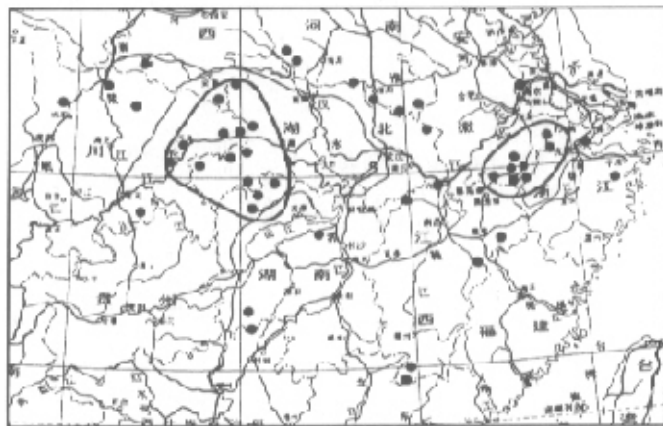


图 1 独花兰的生态地理分布

Fig. 1 Ecological distribution of *Changnienia amoena*

2.2 生物学特征

2.2.1 物候特征 独花兰是一种冬季生长型的多年生草本, 属地生兰。据调查, 龙门河地区的独花兰 9 月中下旬野生独花兰的芽萌动并开始展叶, 11 月中下旬抽生花葶, 次年 3 月中下旬开花, 至 4 月上旬花谢, 4 月下旬至 5 月上旬叶片逐渐枯死, 此时如果独花兰已经结实, 则花葶和果实继续发育, 没有结实的植株则全株地上部枯死。因此一年中独花兰的营养生长期约 8 个月, 虽然群落的郁闭度较高, 其地上部营养生长期能够得到充足的光照。地下部分假鳞茎的发育时期与地上部的生长期恰好互补, 从 4 月下旬至 5 月上旬, 假鳞茎的侧芽开始萌动, 到 9 月中下旬发育为成熟的新假鳞茎。10 月下旬至 11 月上旬果实成熟。在原地(中国科学院神农架生物多样性定位研究站苗圃)迁移栽培的独花兰物候期和野生的独花兰一致, 而在北京温室移栽的独花兰 1 月上中旬即发现开花, 比自然条件下的花期提前许多。

2.2.2 繁殖特征 (1) 开花率与结实率 据 1999 年调查资料, 自然条件下, 独花兰的开花率为 42%, 但结实率很低, 调查到的 86 株有花独花兰个体中仅 2 株结实, 结实率为 2.3%, 2000 年的调查数据显示独花兰的结实率为 9.5%。独花兰结实率低的一个原因可能与传粉途径有关, 因为目前的调查资料尚未发现有昆虫为独花兰传粉。王年鹤等曾报道独花兰的花器在构造上存在缺陷, 因而没有大小和力量均适宜的昆虫来配合传粉^[13]。

(2)果实和种子特性 独花兰的果实为蒴果,长1.5~2.5cm,根据种子和果实大小粗略估计,每个果实约有数万至十万粒种子。种子非常细小,呈灰尘状。由于种子极小,种子从果实中释放后追踪调查困难,因此自然条件下独花兰种子萌发过程很难调查清楚。地生兰种苗发育的第一阶段一般是原球茎的发育,这个过程位于地下,可长达数年,是一个利用共生真菌进行的异养过程,不产生任何地上部分器官^[14],因此对独花兰幼苗的调查是困难的。

兰科种子外种皮通常充气膨胀并且有长尾尖,外种皮和胚之间有空气隔开,因而有较大的体积/重量比,其成熟蒴果一般在干燥的气候下开裂释放种子,这些特征都有利于风力传播。事实上兰科种子比其它风播有花植物能够移动更远的距离,Carckles 于 1975 年观察到 *Orchis simia* 的幼苗能够在离最近种源 250km 外的地方发现,传播距离超过 5~10km 是普遍现象^[14]。

(3)假鳞茎繁殖特征 独花兰的地下部生长有假鳞茎。假鳞茎是一种变态茎,每个假鳞茎的顶端生有 1 个叶片,并且是花芽着生的地方。据调查,独花兰只有 1 年生的假鳞茎才能抽叶开花,每个 1 年生假鳞茎具 2 节,每节均有 1 芽,一般只有顶端的那个芽能发育成 1 个新假鳞茎,但少数独花兰这 2 个芽均能发育成新假鳞茎,而这 2 个假鳞茎第 2 年每个假鳞茎又可能生出 1~2 个新假鳞茎,这样一株独花兰每年就可能生出 3 个甚至更多的假鳞茎。所以独花兰并不是真正的“独花”兰,少数可以开 2 个甚至更多的花,目前调查到的独花兰一年最多有生出 3 个新假鳞茎的。独花兰的假鳞茎具新老更替特点,经过 1 个生长季后即不再生叶开花,以后由新的假鳞茎继续展叶开花。

2.3 群落特征

2.3.1 群落生境 独花兰分布的群落一般位于阴坡,偶见于阳坡,调查到的 13 个样地仅 1 个位于阳坡。海拔范围为 1300~1700m,在 1300~1500m 的范围内分布比较集中。坡度在 15~45°,土壤水分充足,排水良好,在易积水的山谷沟边很难发现独花兰。

据中国科学院神农架生物多样性定位研究站(位于湖北省兴山县龙门河林场,海拔 1290m)观测的气象资料(图 2),该地区为亚热带山地气候,冬冷夏凉,降雨充沛。年均温为 10.6℃,年降雨量为 1401.4mm,1 月份均温为 -0.8℃,7 月份均温为 21.1℃。

独花兰分布的群落土壤类型主要为山地黄棕壤。

山地黄棕壤是我国北亚热带的地带性土壤,在神农架地区其植被为常绿落叶阔叶混交林,海拔 600~1500m。土壤腐殖质层较薄,质地偏粘,呈微酸性-酸性,土壤透水性稍差。其养分状况见表 1^[6]。

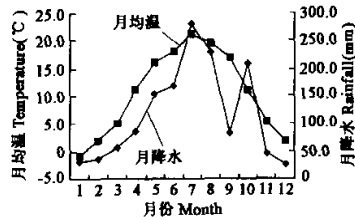


图 2 龙门河地区月平均气温与降水(1998~2001 年)
Fig. 2 Rainfall and temperature in Longmenhe region (1998~2001)

表 1 神农架地区山地黄棕壤养分状况

Table 1 The nutrient element contents of yellow-brown earth in Shennongjia, Hubei

层次及深度(cm) Layer & depth	有机质(%) Organic matter	全氮(%) Total-N	全磷(%) Total-P	全钾(%) Total-K	pH 值(水) pH
A0-20	2.42	0.130	0.026	2.19	5.00
B20-59	2.02	0.083	0.028	2.36	5.20
C59-160	0.75	0.054	0.026	2.72	5.60

2.3.2 群落物种组成和地理成分 神农架地区邻近长江,处长江中游,西与大巴山脉相连,北与秦岭山脉邻接,因此其植物区系的地理成分主要由西南-大巴山脉成分、西北-秦岭山脉成分、华中区系成分、神农架特征植物等内容组成^[5,6]。在神农架南坡所调查到的独花兰分布的群落中,共有维管植物 197 种,分属 61 科,134 属,其中蕨类植物 5 科 8 属 8 种,种子植物 56 科 126 属 189 种。除少量的属外,大多数属只出现 1~2 种植物,种类较多的科为蔷薇科 14 属 28 种、百合科 11 属 19 种。

独花兰为中国特有属。根据吴征镒种子植物属的分布区类型进行分类^[16],样地 189 种种子植物中共出

现 12 种分布型,其中北温带分布为 45 属 85 种,占绝对优势,与整个神农架地区种子植物属的分布区类型^[4]有较大差异,主要是北温带分布属比率大幅上升,而热带分布类型的比率相应下降,说明神农架南坡独花兰分布的群落气候特征更趋向于温带成分,这和中国科学院神农架生物多样性定位研究站气象站观测的气象结果一致(图 2)。

2.3.3 群落类型 神农架南坡独花兰分布的群落垂直分布范围为海拔 1300~1700m,该范围植被垂直带为常绿阔叶阔叶混交林带及落叶阔叶林带。然而,以上群落其建群种大多为优良的用材树种,是当地居民和林场砍伐的主要对象,致使这些种类在群落中的地位不断减小甚至消失,使群落退化为各种次生的类型。

人为干扰在不同地段其强度和持续时间是存在差异的。当原生的森林群落建群种及优势种遭到砍伐后,一些阳性的乔木树种适应了新的环境,很快占据群落空间,这期间如果停止人为干扰或干扰强度较低,容易较快地演替到次生的郁闭森林群落类型。如果干扰继续存在甚至加剧,群落中的乔木层遭到较大破坏,就会形成次生的疏林。若人为干扰非常严重,乔木层被破坏殆尽,新的乔木树种的发育跟不上砍伐速度,就会形成灌丛、竹林等次生群落类型。因此,神农架南坡独花兰分布的群落分别有郁闭的森林、疏林、竹林等类型。

(1)郁闭的森林群落类型 神农架南坡独花兰分布的森林群落通常为杂木林。杂木林由两种原因所形成,其一是森林砍伐或破坏后的迹地上次生演替的产物,这类群落优势种不明显,群落所在地一般比较湿润,不同地段,群落的植物种类组成具有明显的差别^[17]。杂木林是一种经人为干扰而形成的退化生态系统类型^[18]。根据样地资料,独花兰主要分布在以落叶树为主的杂木林下,常绿树很少见,仅见于灌木层中。群落中乔木层盖度 70%~95%;灌木层盖度 35%~90%,以箬竹出现的频率最高、盖度最大,在某些样地可达到 90%;草本层盖度 20%~50%左右,以蕨类植物为主。根据乔木树种重要值差异,神农架南坡独花兰分布的郁闭森林群落主要有以四照花为主的杂木林(表 2, Type1)、以华千金榆为主的杂木林(表 2, Type2)和以化香为主的杂木林(表 2, Type3)等 3 种类型。

(2)疏林 神农架南坡还有一部分次生的疏林有独花兰分布,这类群落从海拔 1300m 至 1700m 均有分布。其乔木层盖度通常只有 20%~30%,灌木层盖度 35%~95%,草本层盖度 15%~50%。这类群落一般没有明显的优势种,乔木层常见有青榨槭(*Acer davidii*)、山胡椒(*Lindera glauca*)、锐齿槲栎(*Quercus aliena* var. *acuteserrata*)、野核桃(*Juglans cathayensis*)、灌木层常见箬竹、荚蒾(*Viburnum* spp.)、青荚叶(*Helwingia japonica*)等,草本层主要也为蕨类植物。

(3)竹林 竹林是竹类占绝对优势所组成的各种植物群落^[17]。神农架南坡独花兰只见于箬竹群落。箬竹群落,是森林经人为的破坏、自然灾害、森林火灾和过度采伐之后,林地空旷,迹地暴露,箬竹因适应性强,竹鞭繁殖快,随即形成成片的箬竹杂灌丛林^[19],因此这类群落也是一种退化生态系统类型。箬竹林是一种温性竹林,多出现在海拔 1000m 左右的温暖湿润的环境,主要分布于长江流域各省的丘陵山区^[18],神农架南坡有相当大面积的这类群落。箬竹性喜湿润,较耐寒和耐荫,对土壤要求不高,在神农架地区微酸性山地棕壤和山地黄棕壤上能生长良好。箬竹通常组成单优群落,也可在林下组成灌木层^[1]。独花兰分布的箬竹群落常位于阴坡,箬竹的盖度在 50%~90%,平均高度为 1.5m。

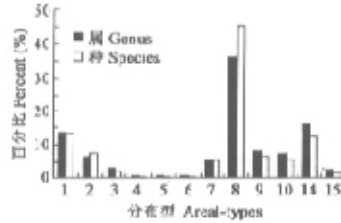


图 3 独花兰分布的群落种子植物的分布区类型
Fig. 3 Areal-types of the species in communities growing *Changnienia amoena* in Shennongjia, Hubei

1. 世界分布 Cosmopolitan; 2. 泛热带分布 Pantropic; 3. 热带亚洲和热带美洲间断分布 Trop. Asia & Amer. disjuncted; 4. 旧世界热带分布 Old World Tropics; 5. 热带亚洲至热带大洋洲分布 Trop. Asia to Trop. Australasia; 6. 热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to Trop. Africa; 7. 热带亚洲分布 Trop. Asia; 8. 北温带分布 North Temperate; 9. 东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted; 10. 旧世界温带分布 Old World Temperate; 14. 东亚分布 E. Asia; 15. 中国特有分布 Endemic to China

2.3.4 独花兰在各群落中的分布 1999 年在神农架南坡调查的 13 个样地,3 类群落类型中共有独花兰 86 株。独花兰分布数量最大的为郁闭的森林共 13 株,其次为疏林 39 株,最小的为竹林只有 4 株。从小种群数量来看,最大的为疏林有 7 个分布点,郁闭的森林为 4 个,竹林只有 2 个。最大的一个小种群出现在郁闭的森林群落中,有 22 株,最小的一个在竹林中只有 1 株。

3 讨论

3.1 独花兰濒危原因的初步分析

结实率低是独花兰濒危的原因之一。许多兰科植物较易开花,但结实率较低。Willems 等对荷兰的一种濒危兰科植物 *Coeloglossum viride* 的研究结果,其开花率约 50%,但结实率只有 10%;而对东英格兰的另一种兰科植物 *Orchis morio* 的研究结果为开花率在连续 18 年中除 1 年外均超过 40%,有的年份能达到 80% 甚至 100%^[20]。

种子萌发困难也是导致独花兰处于濒危状态的因素。兰科种子体积极小,胚发育不完全,甚至没有贮藏种子萌发所需营养的组织,因此通常认为兰科种子不能贮藏足够的营养供萌发所需,依赖共生真菌提供营养是种子萌发所必需^[13],这也许是兰科植物普遍处于濒危状态的一个原因。然而也有报道显示^[1] 兰科种子萌发之所以依赖共生真菌可能是因为它们对贮藏物不能产生代谢利用而不是营养贮藏不足。兰科种子萌发需要共生的真菌,并且需要黑暗的条件和足够的埋藏深度^[11],这使得兰科种子的萌发比其它植物通常更困难,独花兰种子数量巨大是适应这种生物学特性的一种策略。

人为干扰是导致独花兰种群处于濒危状态的一个重要原因。神农架南坡现有的独花兰无论是个体数量还是小种群数量绝大部分分布在森林群落(包括郁闭的森林和疏林)中,分布数量有沿郁闭的森林-疏林-箐竹灌丛递减的趋势,而在这一梯度上,人为干扰的强度是递增的,即在人为干扰强度越大的群落中独花兰的分布数量越小。独花兰喜湿润、较荫蔽的环境。据观察,当干旱 5d 以上时,独花兰叶片将枯死。人为干扰导致群落的郁闭度降低,群落中土壤的保水能力下降。

3.2 独花兰的保护对策

现存的独花兰数量已十分有限,且呈零星分布状态,在一个小种群中一般只能见到 10 余株甚至 1~2 株独花兰,其种群生存已遭到严重威胁。然而,在神农架南坡调查到的独花兰分布的群落,尽管均遭到不同程度的人为干扰,但独花兰分布的各类群落中均有较多乔木树种的更新苗,如果建立保护区,停止人为干扰,这些遭到破坏的群落能够较快地恢复到森林,对独花兰的保护是一条行之有效的途径。

References

[1] Fu L. G. *China Plant Red Data Book*. Vol. 1. Beijing: Science Press, 1992. 490~491.
[2] Yu Y. F. National plant list for priory conservation, the milestone of plant conservation in China. *Plants*, 1999, 5

表 2 神农架南坡独花兰分布的郁闭森林群落中主要乔木树种组成

Table 2 The forest types of communities growing *Changnienia amoena*, Shennongjia, Hubei

植物名 Species name	重要值 Importance value		
	Type 1	Type 2	Type 3
刺楸 ¹	—	—	3.96
灯台 ²	10.81	5.49	5.38
鹅耳枥 ³	—	1.75	9.65
华千金榆 ⁴	8.31	22.56	13.75
华山松 ⁵	—	3.41	—
华榛 ⁶	8.89	—	—
华中山柳 ⁷	—	3.41	7.21
化香 ⁸	11.72	14.41	24.96
栎木 ⁹	2.91	—	—
亮叶桦 ¹⁰	—	—	4.35
青榨槭 ¹¹	—	3.41	—
锐齿槲栎 ¹²	—	—	4.72
山胡椒 ¹³	7.48	—	—
山梅花 ¹⁴	2.60	3.43	—
山杨 ¹⁵	2.64	—	—
山樱花 ¹⁶	3.00	—	—
石灰花楸 ¹⁷	—	4.56	5.25
水马桑 ¹⁸	—	6.76	11.87
水榆花楸 ¹⁹	—	—	4.80
四照花 ²⁰	18.16	5.96	—
野核桃 ²¹	3.78	—	—
野漆树 ²²	—	13.15	—

① *Kalopanax septemlobus*; ② *Bothrocaryum controversum*; ③ *Carpinus* sp.; ④ *Carpinus cordata* var. *chinensis*; ⑤ *Pinus armandii*; ⑥ *Corylus chinensis*; ⑦ *Clethra fargesii*; ⑧ *Platyacarya strobilacea*; ⑨ *Cornus macrophylla*; ⑩ *Betula luminifera*; ⑪ *Acer davidii*; ⑫ *Quercus aliena* var. *acuteserrata*; ⑬ *Lindera glauca*; ⑭ *Philadelphus incanus*; ⑮ *Populus davidiana*; ⑯ *Prunus serrulata*; ⑰ *Sorbus folgeri*; ⑱ *Weigela japonica* var. *sinica*; ⑲ *Sorbus alnifolia*; ⑳ *Dendrobenthamia japonica*; ㉑ *Juglans cathayensis*; ㉒ *Toxicodendron vernicifluum*

- (151):3.
- [3] Hughes J B, Daily G C, Ehrlich P R. Population diversity: its extent and extinction. *Science*, 1997, **278**: 689~692.
- [4] Chen L Z and Wang Z W. eds. *Effects of Human Activities on Ecosystem Diversity*. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1999. 139~199.
- [5] The Chinese Wuhan Academy of Sciences eds. *Plants in Shennongjia*. Wuhan: People's Publishing House of Hubei, 1980. 3~33.
- [6] Zhu Z Q and Song C S. eds. *Scientific Survey of Shennongjia Nature Reserve*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1999. 15~43, 94~123.
- [7] Ying J S and Zhang Y L. *Seed Plant Genera Endemic to China*. Beijing: Science Press, 1994. 6~15, 608~629.
- [8] The Chinese Beijing Academy of Sciences eds. *Iconographia Cormophytorum Sinicorum*. Tomus 5. Beijing: Science Press, 1976. 680.
- [9] Qi C J ed. *Plant List of Hunan*. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 1987. 389.
- [10] Chen D M and Zhao B H. *Plants in Lushan*. Wuhan: Hubei Education Press, 1989. 402.
- [11] Editorial Board of Flora of Zhejiang. *Flora of Zhejiang*. Vol. 7. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Publishing House, 1993. 533.
- [12] Song C S ed. *Scientific Survey of Jigongshan Nature Reserve*, 1994. 212.
- [13] Delectis Florae Reipublicae Popularis Sinicae Agenda Academiae Sinicae Edita. *Flora Reipublicae Popularis Sinicae*. Tomus 18(2). Beijing: Science Press, 1999. 170~171.
- [14] Rasmussen H N. *Terrestrial orchids from seed to mycotrophic plant*. New York: the Press syndicate of the University of Cambridge, 1995. 1~237.
- [15] Wang N H, Lu Y, Chen Z L. Observation of biological properties and preliminary study on reproduction of *Changnienia amoena* Chine. *Chinese Bulletin of Botany*, 1994, **11**(Suppl.), 53~55.
- [16] Wu Z Y. The areal-types of seed plants from China. *Acta Botanica Yunnanica*. 1991, (Suppl. IV): 1~139.
- [17] Wu Z Y ed. *China Vegetation*. Beijing: Science Press, 1980. 262~263, 411~419.
- [18] Chen W L. The status of regradition ecosystem in China. In: Chen L Z and Chen W L. eds. *Studies on the Regradition Ecosystem in China*. China Science and Technology Press, 1995. 16~24.
- [19] The Editorial Board of Forest in China. *Forest in China* (Vol. 4). Beijing: China Forestry Publishing House, 2000. 1919~1920.
- [20] Wiliems J H, Melser C. Population dynamics and life-history of *Coeloglossum viride* (L.) Hartm.; an endangered orchid species in The Netherlands. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 1998, **126**: 83~93.

参考文献

- [1] 傅立国. 中国植物红皮书——稀有濒危植物(第一册). 北京: 科学出版社, 1992. 490~491.
- [2] 于永福. 中国野生植物保护工作的里程碑——《国家重点保护野生植物名录(第一批)》出台. 植物杂志, 1999, **5**(总 151): 3.
- [4] 陈灵芝, 王祖望主编. 人类活动对生态系统多样性的影响. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1999. 139~199.
- [5] 中国科学院武汉植物研究所编著. 神农架植物. 武汉: 湖北人民出版社, 1980. 3~33.
- [6] 朱兆泉, 宋朝枢主编. 神农架自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 1999. 15~43, 94~123.
- [7] 应俊生, 张玉龙. 中国种子植物特有属. 北京: 科学出版社, 1994. 6~15, 608~629.
- [8] 中国科学院北京植物研究所主编. 中国高等植物图鉴(第五册). 北京: 科学出版社, 1976. 680.
- [9] 祈承经主编. 湖南植物名录. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1987. 389.
- [10] 陈德懋, 赵保惠编. 庐山植物. 武汉: 湖北教育出版社, 1989. 402.
- [11] 浙江植物志编辑委员会. 浙江植物志(第7卷). 杭州: 浙江科学技术出版社, 1993. 533.
- [12] 宋朝枢主编. 鸡公山自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 1994. 212.
- [13] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第18卷). 北京: 科学出版社, 1999. 170~171.
- [15] 王年鹤, 吕晔, 程增林. 独花兰的生物学特性观察和繁殖研究初报. 植物学通报, 1994, **11**(增刊): 53~55.
- [16] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究, 1991, (增刊 IV): 1~139.
- [17] 吴征镒主编. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980. 262~263, 411~419.
- [18] 陈伟烈. 我国退化生态系统的现状. 见: 陈灵芝, 陈伟烈主编. 中国退化生态系统研究. 中国科学技术出版社, 1995. 16~24.
- [19] 中国森林编辑委员会. 中国森林(第4卷). 北京: 中国林业出版社, 2000. 1919~1920.