

夏腊梅的遗传多样性及其保护

周世良^{1*} 叶文国²

1 (中国科学院植物研究所系统与进化植物学开放实验室, 北京 100093)

2 (浙江省天台县林业局, 浙江天台 317200)

摘要:夏腊梅(*Sinocalycanthus chinensis*)是国家二级保护的珍稀濒危植物,夏腊梅属(*Sinocalycanthus*)的唯一代表,仅间断分布于我国浙江省临安市和天台县极狭小的范围内。本文采用等位酶淀粉凝胶电泳技术对采自上述两地的天然居群和天目山自然保护区引种的人工居群的553个样品进行了遗传多样性检测,并与浙江腊梅(*Chimonanthus zhejiangensis*)作对比。检测结果表明夏腊梅的遗传多样性极低。从14个酶系统检测到的23个位点看,在物种水平上每位点的等位基因平均数(A)为1.2,多态位点(P)占21.7%,观察杂合度(H_o)为0.010。在居群水平上, $A = 1.0 \sim 1.1$, $P = 0 \sim 13.0\%$, $H_o = 0 \sim 0.014$ 。而对照种浙江腊梅杭州植物园人工居群的上述指标分别为 $A = 1.5$, $P = 39.1\%$, $H_o = 0.071$ 。夏腊梅的2个自然居群之间在*Mdh-4*、*Pgd-3*和*Sod-1*发生显著的分化,但居群内亚居群间几乎没有分化。在天目山自然保护区引种的人工居群中没有检测到多态性,说明作为迁地保护的天目山自然保护区人工居群并没能有效地保护夏腊梅的遗传多样性。由于目前自然保护区基本上采用不加入人为干预的经营方式,划入龙塘山自然保护区内的自然亚居群会因为森林的自然演替而灭绝。所以,自然保护区目前的这种经营方式不适合对夏腊梅的保护。夏腊梅的例子说明,当我们对保护对象的生物学特性缺乏认识时,我们既不知道应该保护什么,也不知道应该如何保护。

关键词:夏腊梅, 等位酶, 遗传多样性, 自然保护区, 保护生物学

中图分类号: Q16

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2002)01-0001-06

The genetic diversity and conservation of *Sinocalycanthus chinensis*

ZHOU Shi-Liang¹ YE Wen-Guo²

1 Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093

2 Forestry Bureau of Tiantai County, Tiantai, Zhejiang 317200

Abstract: *Sinocalycanthus chinensis* is the only representative in the genus *Sinocalycanthus* and an endangered species restricted in small areas of Lin'an City and Tiantai County, Zhejiang Province. Currently only two natural populations remain: the larger one is found in Lin'an City, consisting of seven subpopulations with nearly 1731 990 individuals in total; the smaller one is located at Tiantai County where 2000 individuals exist. The genetic diversity of the two natural populations and one recently introduced population at Tianmushan Natural Reserve, Lin'an City, Zhejiang Province, was assessed using allozyme markers. A population of *Chimonanthus zhejiangensis* from Hangzhou Botanical Gardens, Hangzhou City, Zhejiang Province, was included in this study for the purpose of comparison. The genetic diversity of *S. chinensis* turned out to be extremely low. Only five of 23 loci from 14 enzymes assayed were polymorphic. The polymorphism was largely due to alternative fixation of alleles on *Mdh-4*, *Pgd-3* and *Sod-1*, and two mutations (*Gpi-1* and *Gpi-2*) on one individual out of 553 in total. At species level the mean number of alleles per locus (A) was 1.2, the percentage of polymorphic loci (P) was 21.7%, and the observed heterozygosity (H_o) was 0.010. At population level the estimates were $A = 1.0 \sim 1.1$, $P = 0 \sim 13.0\%$, and $H_o = 0 \sim 0.014$. In contrast, the estimates for *C. zhejiangensis* were much higher ($A = 1.5$, $P = 39$).

1% , $H_o = 0.071$) though there were only 16 individuals tested. Since no genetic variation was detected in the introduced population of *S. chinensis* at Tianmushan Natural Reserve , the introduction of the plant should not be considered as a success of *ex situ* conservation of the endangered species. Moreover , the range of subpopulations within Longtangshan National Natural Reserve is diminishing due to the growth of evergreen forests. So far no measures have been taken to stop this subpopulation from shrinking because of lack of knowledge of ecology and biology of the plant. This study exemplifies that we are unable to conduct *in situ* conservation and to practise *ex situ* conservation properly if we have no knowledge of the biology of the species we intend to conserve.

Key words : *Sinocalycanthus chinensis* , allozyme , genetic diversity , natural reserve , conservation biology

随着人口的不断膨胀以及人类对自然资源不合理利用日益加剧 ,加上环境的迅速变化 ,现今生物多样性的消失比以往任何时候都快得多 ,许多生物已经或即将处于濒危状态。据估计 ,我国有 15% ~ 20% 的高等植物已处于濒危或受威胁状态(陈灵芝 ,1993)。所以 ,生物多样性保护问题已经严峻地摆在了我们的面前。在植物遗传多样性的保护中 ,自然保护区既起到就地保护的作用 ,同时又起到迁地保护的作用。许多珍稀濒危植物都被引种到自然保护区 ,自然保护区成了保护珍稀濒危植物的主要场所 ,自然保护区的建设也因此受到了应有的关注(蒋志刚 ,1997 ;李迪强等 ,1997 ;许再富 ,1998)。然而 ,许多有识之士意识到自然保护区在保护物种方面并没有收到预期的效果(宋延龄 ,1998)。物种虽然被迁入自然保护区保存 ,但所保存的遗传多样性并不能代表该物种的遗传多样性。本文研究的夏腊梅(*Sinocalycanthus chinensis*)既在自然保护区内受到就地保护 ,又被引入另外的自然保护区得到迁地保护 ,然而却仍存在着许多值得关注的保护生物学问题。

夏腊梅是被列为二级保护的珍稀濒危植物(章绍尧 ,毛宗国 ,1992) ,为第三纪孑遗物种 ,夏腊梅属(*Sinocalycanthus*)的唯一代表 ,目前共有 2 个居群 ,分别分布于浙江省临安市西部狭小的范围内和浙江天台县龙溪乡岭里村的一个山坡上。其中临安市西部的居群较大 ,面积约 2442.88 hm^2 ,有 1731 990 株(丛) ,主要分布于顺溪镇的大明山、苦李湾、平溪里、苏家坪和祝川等地点(亚居群)。天台县龙溪乡岭里村的居群较小 ,约 2 hm^2 ,有 2000 多株(野外估计) ,是极度濒危的居群。尽管夏腊梅具有花朵美丽、分类地位独特、分布区狭窄、居群数目少等特点 ,迫切要求对该物种进行综合研究 ,但从该种被发现

以来的近 40 年 ,我们对夏腊梅的了解仍然局限于其形态解剖、分类、染色体和植物化学等少数几个方面。李林初(1986 ,1989)和刘洪谔等(1996)计数了夏腊梅的染色体数目($2n = 22$)并做了核型分析。张若蕙等(1989)在研究腊梅科的花粉形态时发现夏腊梅花粉的覆盖层无穿孔而与腊梅科其他属不同 ;李林初(1990)证实了夏腊梅的花粉形态与美国腊梅属花粉形态的差别。徐耀良等(1997)对夏腊梅的群落组成作了调查 ,发现夏腊梅多生长于山坡和沟谷的常绿阔叶林下。张若蕙和刘洪谔(1998)在《世界腊梅》中总结了一些文献中有关夏腊梅的研究结果 ,如形态、分类、化学成分、同工酶变异 ,以及繁殖栽培等 ,该书是有关夏腊梅研究最全面的总结。张绍尧和毛宗国(1992)对夏腊梅的生物学特性和生态学特性作了简单的描述 ,张若蕙(1994)又作了一些补充。

出于保护目的 ,天目山国家级自然保护区从顺溪镇引种了许多夏腊梅 ,目前约有 20 株存活。天目山自然保护区位于浙江省临安市西北部 ,是最早建立的国家级自然保护区之一。离天目山自然保护区直线距离约 60 km 的龙塘山自然保护区位于浙江省临安市的西部边界 ,是最近建立的国家级自然保护区。该保护区原本不包括夏腊梅的天然分布区 ,后保护区面积扩大后 ,将夏腊梅天然分布区的一部分纳入了保护区范围。后来 ,保护区再次扩大 ,覆盖了夏腊梅在临安市天然分布区约一半的范围。

目前对这样一个我国特有的、古老而珍稀濒危物种的遗传多样性研究基本上仍是空白。由于夏腊梅分布于华东经济发达地区 ,当地已建立了许多自然保护区 ,夏腊梅在自然保护区内既得到了就地保护又得到了迁地保护。本文的目的拟回答以下问题 (1)夏腊梅遗传多样性的现状如何 (2)迁地保

护的人工居群是否达到了保护夏腊梅遗传多样性的目的(3)目前封山育林式的自然保护区经营方式能否达到就地保护的目的。

1 材料和方法

于2000年8月从已知的浙江省临安市顺溪镇的大明山、苦李湾、平溪里、苏家坪和祝川5个夏腊梅分布地点(亚居群)随机采集30~50个果托,取出果实(种子),在实验室沙土中播种。酶蛋白从长成的子叶中提取。于2001年6月分别从天目山自然保护区的人工居群和浙江省天台县龙溪乡岭里村自然居群采集幼嫩的叶子低温保存携带回实验室。为了对夏腊梅的遗传多样性水平有更清楚的认识,我们选定了杭州植物园引种栽培的腊梅属(*Chimonanthus*)的浙江腊梅(*Chimonanthus zhejiangensis*)作对照。浙江腊梅的材料也于2001年6月采集。酶蛋白的提取用约50mg鲜绿子叶或叶子,加0.2mL的研磨缓冲液,在冰浴中研磨提取。研磨缓冲液配方依Soltis *et al.* (1983)的Tris-Maleate配方,外加10% DMSO, 1.0 mol/L的HCl调pH至7.5。沁子(wick)选用新华III号滤纸,直接投入提取液中,沾有提取液的沁子存入-70℃冰箱备用。实验方法和酶谱分析与周世良等(1998a, 1998b)和王中仁(1996)相同,数据处理用BIOSYS-1(Swofford & Selander, 1981),分析的酶系统和所用的缓冲液系统列于表1。

2 结果

夏腊梅的等位酶分析得到非常清晰的酶谱,图版1是一些代表性酶谱照片。我们检测的酶系统数目有18个,得到35个位点。然而,对照种浙江腊梅的分析却比较困难,只有14个酶系统的23个位点清晰可靠。为了数据的可比性,本文仅对在夏腊梅和浙江腊梅均有很好分辨率的14个酶系统的23个位点进行分析(表1)。多数酶系统只有1~2个位点用于分析,MDH和PGD分别有4个和3个位点。在所有酶系统中,GPI、PGM和SOD有位点重复。23个位点中只有5个位点表现出多态性(表2)。这5个多态位点中,*Gpi-1*和*Gpi-2*的多态性是1个个体发生突变的结果(图版1f)。*Mdh-4*和*Sod-1*的多态性是由于天台县龙溪乡岭里村的居群与临安市顺溪居群分别在不同的等位基因上固定。*Pgd-3*位点在临安市顺溪居群的各亚居群均呈多态性(图版1j),等位基因*Pgd-3a*的频率低于*Pgd-3b*的频率,但不同亚居群的同位等位基因的频率相差不大(表2)。天目山人工居群中没有检测到频率较低*Pgd-3a*,而天台县龙溪乡岭里村的居群只有*Pgd-3a*(表2)。

对553个夏腊梅样本的检测结果表明,每个位点的等位基因平均数(*A*)为1.2,多态位点(*P*)占21.7%,杂合度(*Ho*)为0.010(表3)。在居群水平上,上述指标要低得多,范围分别为1.0~1.1、0~13.0%和0~0.014。特别是在天台县龙溪乡岭

表1 分析的酶系统和对应的缓冲液系统,以及每个酶系统检测到的位点数

Table 1 Enzymes assayed, the buffer systems used for each enzyme, and loci detected in *Sinocalycanthus chinensis*

中文名 Chinese name	英文名与缩写 English name (abbreviation in parenthesis)	缓冲液系统* Buffer system*	位点数 No. of loci
6-磷酸葡萄糖酸脱氢酶	6-phosphogluconate dehydrogenase (PGD)	W2	3
乙醇脱氢酶	Alcohol dehydrogenase (ADH)	S6	1
氨基肽酶	Aminopeptidase (AMP)	S6	1
天冬氨酸转氨酶	Aspartate aminotransferase (AAT)	W2	1
果糖二磷酸醛缩酶	Fructose-bisphosphate aldolase (FBA)	S1	1
葡萄糖-6-磷酸异构酶	Glucose-6-phosphate isomerase (GPI)	S6	2
异柠檬酸脱氢酶	Isocitrate dehydrogenase (IDH)	W2	2
苹果酸脱氢酶	Malate dehydrogenase (MDH)	W2	4
苹果酸酶	Malic enzyme (ME)	S6	1
心肌黄酶	NADH-Diaphorase (DIA)	S6	1
磷酸葡萄糖变位酶	Phosphoglucomutase (PGM)	S6	2
莽草酸脱氢酶	Shikimate dehydrogenase (SKD)	W2	1
超氧化物歧化酶	Superoxide dismutase (SOD)	S6	1
丙糖磷酸异构酶	Triose-phosphate isomerase (TPI)	S6	2

* 缓冲液系统代号参见周世良等(1998a) The symbols following Zhou *et al.* (1998a)

表 2 夏腊梅各居群和亚居群多态位点的等位基因频率

Table 2 Allele frequencies in populations and subpopulations of *Sinocalycanthus chinensis*

等位基因 Allele	居群 Population						
	天目山 Tianmushan	天台 Tiantai	顺溪 Shunxi				
			大明山 Damingshan	苦李湾 Kuliwan	平溪里 Pingxili	苏家坪 Sujiaping	祝川 Zhuchuan
<i>Gpi-1a</i>	1.000	1.000	1.000	0.993	1.000	1.000	1.000
<i>Gpi-1b</i>	0	0	0	0.007	0	0	0
<i>Gpi-2a</i>	0	0	0	0.007	0	0	0
<i>Gpi-2b</i>	1.000	1.000	1.000	0.993	1.000	1.000	1.000
<i>Mdh-4a</i>	0	1.000	0	0	0	0	0
<i>Mdh-4b</i>	1.000	0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<i>Pgd-3a</i>	0	1.000	0.232	0.350	0.191	0.300	0.265
<i>Pgd-3b</i>	1.000	0	0.768	0.650	0.809	0.700	0.735
<i>Sod-1a</i>	1.000	0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<i>Sod-1b</i>	0	1.000	0	0	0	0	0

表 3 夏腊梅顺溪居群 5 个亚居群、天台居群、天目山人工居群与浙江腊梅杭州植物园人工居群的遗传多样性

Table 3 Genetic diversity within seven populations and subpopulations of *Sinocalycanthus chinensis* and one population of *Chimonanthus zhejiangensis* on 23 allozyme loci

	<i>N</i>	<i>A</i>	<i>P</i>	<i>Ho</i>	<i>He</i>
夏腊梅 <i>Sinocalycanthus chinensis</i>	553	1.2(0.1)	21.7	0.010(0.010)	0.024(0.018)
顺溪 Shunxi	518	1.1(0.1)	13.0	0.010(0.010)	0.017(0.017)
大明山 Damingshan	154	1.0(0.0)	4.3	0.009(0.009)	0.016(0.016)
苦李湾 Kuliwan	147	1.1(0.1)	13.0	0.013(0.013)	0.021(0.020)
平溪里 Pingxili	141	1.0(0.0)	4.3	0.007(0.007)	0.014(0.014)
苏家坪 Sujiaping	10	1.0(0.0)	4.3	0.009(0.009)	0.019(0.019)
祝川 Zhuchuan	66	1.0(0.0)	4.3	0.014(0.014)	0.017(0.017)
天台 Tiantai	20	1.0(0.0)	0	0	0
天目山 Tianmushan	15	1.0(0.0)	0	0	0
浙江腊梅 <i>Chimonanthus zhejiangensis</i>					
杭州 Hangzhou	16	1.5(0.1)	39.1	0.071(0.024)	0.147(0.044)

注: *N* 为样本大小; *P* 为多态位点百分率; *A* 为每个位点的等位基因平均数; *Ho* 为杂合度观测值; *He* 为期望杂合度(括号内为标准误差)

Note: *N*: Sample size; *P*: Percentage of polymorphic loci; *A*: Mean number of alleles per locus; *Ho*: Mean observed heterozygosity; *He*: Mean expected heterozygosity (standard errors in parentheses)

里村的居群和天目山自然保护区的人工居群没有检测到多态性。相比之下,尽管浙江腊梅只检测 1 个人工居群的 16 个样本,其遗传多样性却高得多,上述指标分别为 $A = 1.5$ 、 $P = 39.1\%$ 和 $Ho = 0.071$ (表 3)。

临安市顺溪居群的各亚居群和天目山自然保护区的人工居群彼此之间没有明显的分化,其遗传一致度在 0.995 以上,遗传距离小于 0.005(表 4)。天台县龙溪乡岭里村的居群与顺溪居群在 *Mdh-4* 和 *Sod-1* 位点发生完全分化,*Pgd-3* 也有显著的分化。所以,两地居群间的遗传一致度在 0.870~0.894 之间,遗传距离在 0.112~0.140 之间(表 4)。聚类分析结果直观地表现出顺溪居群各亚居群之间的密切关系(图 1)。图 1 中,天目山人工居群与顺溪居群各亚居群的差别主要是由于天目山人工居群缺乏顺

溪居群各亚居群所具有的 *Pgd-3a* 等位基因。

3 结论

3.1 夏腊梅作为古老物种具有异常低的遗传多样性

夏腊梅是郑万钧和章绍尧在 1963 年作为美国腊梅属的新物种描述的(郑万钧等,1963)。翌年两作者以该物种建立夏腊梅属(郑万钧,章绍尧,1964),至今没有发现新物种。关于夏腊梅的归属问题,学术界仍有争议。一种观点认为,夏腊梅与美国腊梅属各个种的区别不足以建立新属;另一种观点则觉得夏腊梅缺少美国腊梅属的种类所具有的花部器官上的食物体,花被片内外轮异型等,应该作为独立的属。后续的研究试图从诸如染色体核型和花粉形态方面找到支持或反对其作为独立的属的证据

表 4 夏腊梅居群间和亚居群间的遗传一致度(I ,左下角)和遗传距离(D ,右上角;Nei , 1978)

Table 4 Nei's (1978) genetic similarity (left below) and distance (right above) between populations of *Sinocalycanthus chinensis*

亚居群 Subpopulation	居群 Population						
	顺溪 Shunxi					天目山 Tianmushan	天台 Tiantai
	大明山 Damingshan	苦李湾 Kuliwan	平溪里 Pingxili	苏家坪 Sujiaping	祝川 Zhuchuan		
顺溪 Shunxi							
大明山 Damingshan		0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.120
苦李湾 Kuliwan	0.999		0.001	0.000	0.000	0.005	0.112
平溪里 Pingxili	1.000	0.999		0.000	0.000	0.002	0.123
苏家坪 Sujiaping	1.000	1.000	1.000		0.000	0.003	0.115
祝川 Zhuchuan	1.000	1.000	1.000	1.000		0.003	0.118
天目山 Tianmushan	0.998	0.995	0.998	0.997	0.997		0.140
天台 Tiantai	0.887	0.894	0.884	0.891	0.889	0.870	

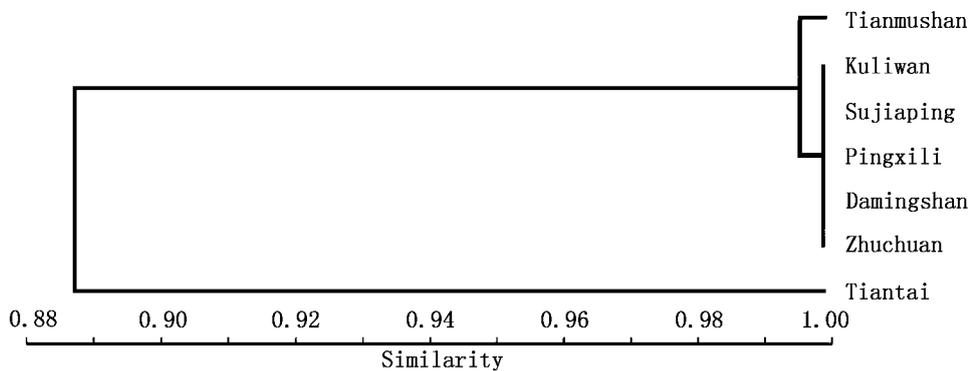


图 1 夏腊梅顺溪居群 5 个亚居群、天台居群和天目山人工居群的遗传相似性 UPGMA 聚类图

Fig. 1 Dendrogram of UPGMA cluster analysis based on Nei's genetic identity among populations and subpopulations of *Sinocalycanthus chinensis*

(李林初,1986,1989,1990;张若蕙,刘洪谔,1998)。值得注意的是,从染色体核型和花粉形态方面的资料所得出的结论,对任何一方都缺乏有力的支持,因为实验本身的误差可能大于所比较的 2 个类群本身所具有的差异。无论夏腊梅属是否成立,夏腊梅作为一个我国特有的濒危物种是确定无疑的。

夏腊梅是第三纪的子遗植物,从第三纪至今至少已有几百万年的历史。在漫长的进化过程中,遗传变异的积累应当可达到相当的程度。然而,事实上夏腊梅的遗传多样性相当贫乏。夏腊梅可能和其他子遗植物(如水杉)一样,经历了非常严重的瓶颈效应。不幸的是,夏腊梅没有象其他子遗植物那样得到足够的重视,我们对它仍所知甚少,甚至目前尚不知道夏腊梅仍处于瓶颈之中还是处于瓶颈以后的恢复状态。从如此贫乏的遗传多样性推断,夏腊梅所经历的相当严重的遗传多样性丧失事件也许并不遥远,亚居群之间几乎没有分化则进一步印证了这样的推断。现在我们仍无法回答这样的问题:夏腊梅是如何从第三纪存活至今的?

3.2 夏腊梅在天目山自然保护区的迁地保护并不成功

天目山自然保护区引种夏腊梅的初衷可能既有保护此物种的目的,又有增加当地物种多样性的想法。无论要实现双重目标还是其中之一,缺乏对夏腊梅生物学特性的了解会使任何美好的愿望落空。从现状看,天目山自然保护区对夏腊梅的保护并不成功,这主要表现在如下两个方面:首先,引种之前对夏腊梅缺乏研究,使建立起来的居群并不具有代表性的遗传组成。从表 3 可以发现,现存个体的各位点全为纯合,没有包含其原产地居群所具有的重要等位基因。如果从整个物种上考虑,天目山自然保护区更缺乏天台县龙溪乡岭里村居群所特有的等位基因。假如岭里村的居群灭绝了,很难想象当地居群所特有的等位基因会在天目山保护区保存的个体中经过突变形。所以,这样建立的人工居群并非最佳迁地保护人工居群。其次,目前只有约 20 个个体存活在天目山国家级自然保护区内,而当初引种的个体数目不会只有这些。除了生长在林缘

的个体长势较好外,在林中的个体已经死亡或正趋向死亡。在这些人工群落中没有夏腊梅幼苗,因为夏腊梅被成长起来的其他林木压迫而枯死。这是对夏腊梅的生态学特性缺乏了解和不恰当的经营方式导致保护失败的实证。在早期的迁地保护中,人们对取样问题并没有引起足够的重视,也缺乏有效的指导原则。夏腊梅的例子说明,当我们对被保护的个体缺乏了解时,我们就不知道如何取样,也就不知道如何选择迁地保护的个体。

3.3 目前自然保护区的经营方式达不到保护遗传多样性的目的

目前自然保护区的经营基本上采用封山育林的方式,在绝对保护区内除观光以外禁止任何其他活动。这种经营方式对珍稀濒危植物的保护不一定有利,夏腊梅就是一个例证。我们在野外调查与采集实验样品时发现,夏腊梅在开放的山坡上生长良好,在郁闭的林下却逐渐退出。夏腊梅现在的适生环境是受一定干扰的低山丘陵。在夏腊梅现今分布的临安市顺溪镇和天台县龙溪乡岭里村,夏腊梅生长在灌丛中,近年来的封山育林使灌丛正在向森林发展。在封山育林之前,当地农民有分片采樵的习惯,夏腊梅因是软质灌木而免遭砍伐之灾,生境的开放有利于其生长。相反,当采取封山育林的措施后,林分郁闭很快,夏腊梅很快成为下层灌木而失去与其他物种竞争阳光的能力,最终走向消亡。临安市顺溪镇祝川苏坞原来开放烧炭,龙塘山自然保护区成立后被划入保护区。近年来次生常绿阔叶林的恢复很快,夏腊梅成了林下灌木,逐渐从林中消失。如今在祝川苏坞,只有林缘、路边和林窗尚有夏腊梅存在,密林中夏腊梅已经消失。夏腊梅的生态学特点提醒人们,当我们对被保护的个体不了解时,我们将不知道如何保护它们。所以,自然保护区的经营管理者必须对所保护的个体有充分的了解,针对不同的保护物种采取相应的经营策略和措施。否则,对于某些物种来说,自然保护区就不是保护,而是加速这些物种的绝灭。

致谢 作者感谢浙江省临安市顺溪镇顺溪村的王嫩根先生参加当地的考察和实验材料的采集。原中国科学院植物研究所的王明群女士和浙江大学生命科学学院的周新闻先生参加部分等位酶分析的实验工作,作者表示感谢。

参考文献

- 陈灵芝, 1993. 中国的生物多样性——现状及其保护对策. 北京: 科学出版社
- 蒋志刚, 1997. 物种的迁地保护. 见: 蒋志刚, 马克平, 韩兴国 (主编), 保护生物学. 杭州: 浙江科学技术出版社, 148 ~ 167
- 李迪强, 蒋志刚, 王祖望, 1997. 自然保护区与国家公园. 见: 蒋志刚, 马克平, 韩兴国 (主编), 保护生物学. 杭州: 浙江科学技术出版社, 132 ~ 147
- 李林初, 1986. 夏腊梅核型的研究. 广西植物, 6(3): 221 ~ 224
- 李林初, 1989. 夏腊梅属的细胞地理学研究. 广西植物, 9(4): 311 ~ 316
- 李林初, 1990. 夏腊梅属花粉形态的研究. 植物研究, 10(1): 93 ~ 98
- 刘洪谔, 张若蕙, 黄少甫, 赵冶芬, 1996. 8种腊梅的染色体研究. 浙江林学院学报, 13(1): 28 ~ 33
- 宋延龄, 1998. 自然保护区的功能及其设计与管理. 见: 宋延龄, 杨亲二, 黄永青 (主编), 物种多样性研究与保护. 杭州: 浙江科学技术出版社, 203 ~ 230
- 王中仁, 1996. 植物等位酶分析. 北京: 科学出版社
- 徐耀良, 张若蕙, 周骋, 1997. 夏腊梅的群落学研究. 浙江林学院学报, 14(4): 355 ~ 362
- 许再富, 1998. 迁地保护在植物多样性保护中的应用. 见: 宋延龄, 杨亲二, 黄永青 (主编), 物种多样性研究与保护. 杭州: 浙江科学技术出版社, 193 ~ 202
- 张若蕙, 1994. 浙江珍稀濒危植物. 杭州: 浙江科技出版社
- 张若蕙, 刘洪谔, 1998. 世界腊梅. 北京: 中国科学技术出版社
- 张若蕙, 刘洪谔, 童再康, 叶苏芳, 1995. 腊梅科树种的同工酶种间和种内变异. 北京林业大学学报 (增刊 1), 17: 96 ~ 102
- 张若蕙, 张金谈, 郝海平, 1989. 腊梅科的花粉形态及其系统位置的探讨. 浙江林学院学报, 6(1): 1 ~ 8
- 章绍尧, 毛宗国, 1992. 夏腊梅. 见: 傅立国, 金鉴明 (主编), 中国保护植物红皮书. 北京: 科学出版社, 196 ~ 197
- 郑万钧, 章绍尧, 1964. 腊梅科的新属——夏腊梅属. 植物分类学报, 9(2): 135 ~ 139
- 郑万钧, 章绍尧, 洪涛, 朱政德, 赵奇僧, 1963. 中国经济树种新种及学名订正. 林业科学, 8(1): 1 ~ 14
- 周世良, 张方, 王中仁, 1998a. 等位酶淀粉凝胶电泳技术中的几个应引起重视的问题. 植物学通报, 15(5): 68 ~ 72
- 周世良, 张方, 王中仁, 洪德元, 1998b. 杭州石芥苧和石香薷的遗传多样性研究. 遗传学报, 25(2): 173 ~ 180
- Nei M, 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*, 89: 583 ~ 590
- Soltis D E, C H Hafler, D C Darrow and G J Gastony, 1983. Starch gel electrophoresis of ferns: a compilation of grinding buffers, and staining schedules. *American Fern Journal*, 73: 9 ~ 27
- Swofford D L and R B Selander, 1981. Biosys-1. Univ. Illinois, Urbana