

## 银缕梅物种濒危度的定量分析\*

魏宏图 金念慈

(江苏省植物研究所, 南京 210014)  
中国科学院

**摘要** 采用二级模糊综合评判法进一步分析现存个体和居群数均极少的中国金缕梅科一新属种——银缕梅的物种濒危度。首先挑选对小种群绝灭有影响的随机干扰因素, 建立了包括20个评价指标在内的因素集。然后通过对评价指标量化和权分配一系列处理, 并通过最初一、二层的综合评判, 求得濒危度和保护等级, 进而确定物种的濒危状态及其在省级和国家级的保护序次。研究结果表明, 二级模糊综合评判的方法十分灵敏, 可操作性强, 它能比较准确地反映植物物种实际濒危状况。

**关键词** 濒危度; 优先保护; 银缕梅; 综合评判值

**Quantitative analysis of risk size of plant species: a case of *Shaniodendron subaequale***  
M. B. Deng, H. T. Wei et X. Q. Wang Wei Hong-Tu and Jin Nian-Ci (Institute of Botany, Jiangsu Province and Academia Sinica, Nanjing 210014), *J. Plant Resour. & Environ.* 1994, 3(3): 1~8

The risk size of *Shaniodendron subaequale* M. B. Deng, H. T. Wei & X. Q. Wang, the new species of new genus of Hamamelidaceae, with less number in both existing individuals and populations was further analysed by using the method of Fuzzy Two-stage Comprehensive Evaluation and Fuzzy Two-type Subset Weight Allocation. Firstly, the factor set of stochastic perturbations including 20 evaluation indexes which affected the extinction for small population was established. And then, the risk size and the conservation grade in the province and throughout the country were calculated by the index quantification, weight allocation and initial 1~2 ladder Fuzzy Comprehensive Evaluation. The result shows that this method is sensitive and operable in reflecting the actual endangered situation of plant species.

**Key words** risk size; prior conservation; *Shaniodendron subaequale* M. B. Deng, H. T. Wei et X. Q. Wang; comprehensive evaluation value

银缕梅是中国金缕梅科之一新属<sup>(1)</sup>, 为最早期东亚被子植物属之一。目前, 已发现的居群数仅2~3个, 成熟个体总数不足20株。因此从这一点看, 银缕梅显然是一个濒危物种, 亟待采取措施加以保护。然而导致物种濒危乃至灭绝的因子很多, 也很复杂, 因此如何正确评判物种的濒危等级以采取合理的保护措施就成为必须首先解决的问题。当前国内外对植物的受威胁的等级尚无定量限定, 即使提出过某种物种濒危等级定量限度方案, 也因某些因子难以取得确定的量测数值, 很难掌握其标准。只有采用比较的方法, 或应用数码得到某些因子的记值。即使如此, 如何用多项因子, 对受威胁程度进行综合评价还是无能为力。保护生物学最新

发展的种群生存力分析(PVA)为我们提供了理论基础<sup>[6]</sup>,而模糊数学则为此提供了手段。本文根据二级模糊综合评判的数学模型,并用二型 Fuzzy 子集描述影响因子权数分配,为解决上述问题,以银缕梅为例进行物种濒危度定量分析尝试。

## 1. 植物受威胁程度的二级模糊综合评判原理

本文以对小种群绝灭有影响的各种因素和物种存活条件的随机性(包括统计随机性、环境随机性、自然灾害和遗传随机性四个方面)为理论依据,选择了植物受威胁及优先保护评价项目(如图1所示)。

数学处理的方法原理已在有关文献中阐述<sup>[2]</sup>,模糊综合评判一般关系方程是:  $B = A \cdot R$ ,其中  $A$  为二型 Fuzzy 集所描述的各影响因子的权数分配;  $B$  为评判结果即判决子集。若  $B$  是最初一层的评判结果,经正规化后,将作为高一层评判中相应的  $R$  值。 $R$  是从单一因子着眼对植物种受威胁程度的评判结果。所以在上述方程中如果确定了各影响因子的权数分配,确定了单一影响因子对植物濒危所起的作用,又选用了合适的算子,就能得到合理的评判结果。考虑到各影响因子都程度不同对植物濒危过程产生影响,因而在计算中选用“add-product”算子。

表1 以 Fuzzy 子集形式给出的各权系数

Tab 1 The coefficients of weight given by the Fuzzy subset

等级 Grade	评语 Comment						
	特别次要 Especially less important 1	很次要 Much less important 2	次要 Less important 3	一般 Common 4	重要 Important 5	很重要 Very important 6	特别重要 Especially important 7
0	0.67	0.25					
0.20	0.33	0.50	0.25				
0.35		0.25	0.50	0.25			
0.50			0.25	0.50	0.25		
0.65			0	0.25	0.50	0.25	
0.80					0.25	0.50	0.33
1.00						0.25	0.67

表2 各影响因子强度评语所对应的 Fuzzy 子集

Tab 2 The intensity comment of factors given by Fuzzy subset

等级 Grade	评语 Comment	评语 Comment						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
1 很好	Very good						0.3	0.7
2 好	Good					0.2	0.6	0.2
3 较好	Relatively good				0.2	0.6	0.2	
4 一般	Common			0.2	0.6	0.2		
5 较差	Relatively poor		0.2	0.6	0.2			
6 差	Poor	0.2	0.6	0.2				
7 很差	Very poor	0.7	0.3					

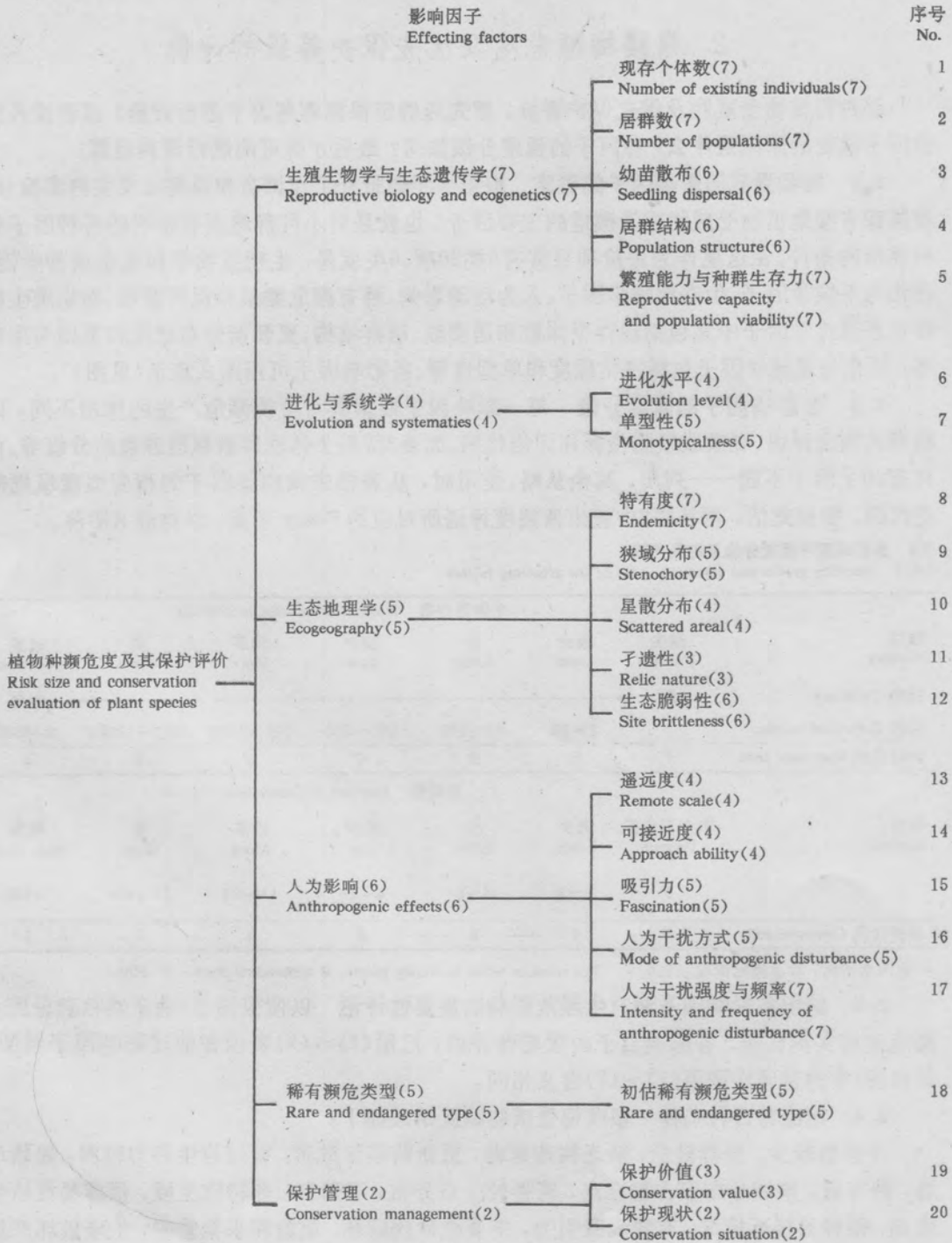


图1 植物濒危程度及优先保护的二级模糊综合评判模型\*

Fig 1 Model of the Fuzzy Two-stage Comprehensive Evaluation of the risk size and prior conservation of *Shaniadendron subaequale*

\* 根据前文(魏宏图等, 1992)<sup>[2]</sup>作重要修改 From Wei Hong-Tu et al. 1992<sup>[2]</sup>, somewhat modified.  
 括号内的数字为该因子重要性评语代码 Figure in bracket refers to important comment code of the factor

## 2. 银缕梅濒危度及优先保护等级的评价

要进行植物受威胁及优先保护评价, 首先应确定根据那些因子进行评价? 或者说各项评价因子确定的原则是什么? 各因子的强度分级如何? 最后才有可能进行评判运算。

**2.1 植物受威胁影响因子的确定** 根据多年的野外工作调查和观测以及室内实验分析, 我国稀有濒危植物受威胁或者濒危的主要因子, 也就是对小种群绝灭有影响的各种因子和物种存活的条件。在这里作为评价项目共有6类20项。6类就是: 生殖生物学和生态遗传学因子、进化与系统学因子、生态地理学因子、人为活动影响、稀有濒危类型和保护管理。在生殖生物学和生态遗传学因子中又包括现存个体数和居群数、居群结构、更新苗分布状况和繁殖与生存力等; 进化与系统学因子包括进化程度和单型性等。各影响因子可用图式表示(见图1)。

**2.2 各影响因子的强度分级** 每一影响因子根据其对植物濒危产生的作用不同, 以表格形式列出评语、观察或量测指标和评语代码。如表3所列个体现存数和居群数的分级等。由于共有20个因子不能一一列出, 其余从略。使用时, 从表格中找到该因子的相应强度级别的评语代码, 根据此值, 再从表2中查出该强度评语所对应的 Fuzzy 子集, 以构成 R 矩阵。

表3 各影响因子强度分级及评语代码

Tab 3 Intensity grades and comment codes of the affecting factors

		个体现存数 Number of existing individuals							
数目 Number		独生 Unicum	极少 Least	少 Little	较少 Less	较多 More	多 Many	极多 Most much	
趋势 Tendency		减少	←-----→						增多
株数 Individual number *		1	2~10	11~100	101~500	501~1000	1001~10000	>10000	
评语代码 Comment code		7	6	5	4	3	2	1	
		居群数 Number of populations							
数目 Number		单个不成群 Unicum	极少 Least	少 Little	较少 Less	较多 More	多 Many	极多 Most much	
		0	1~3	4~5	6~10	11~20	21~100	>100	
评语代码 Comment code		7	6	5	4	3	2	1	

\* 指木本植物, 草本植物则乘以100。 The number refers to woody plants, if herbaceous plants, × 100.

**2.3 给出各影响因子对产生濒危影响的重要性评语** 以便根据表1确定其权重分配, 根据经验和实测比较, 各影响因子的重要性评语, 已用(1)~(7)表示在前述影响因子模型中, 并和表1中的重要性评语(1)~(7)含义相同。

**2.4 给出待评种条件** 银缕梅受威胁状况描述如下:

个体数较少, 居群极少, 缺乏构造居群, 更新苗零星散布, 繁殖与生存力较弱, 原始单型属, 特有属, 狭域分布但占据三点, 跨省较少点分布, 孑遗种, 非特殊生境, 很容易抵达生长地点, 很容易接近植株, 有较高吸引力, 主要受砍伐破坏、旅游和采集影响, 生境破坏严重干扰强度较大且频繁, 稀有濒危等级专家们初估为一级, 保护不够。

根据这些描述, 就可从影响因子强度分级表中查出各因子强度相应的评语代码。

**2.5 计算银缕梅濒危度的综合评价值** 通过二级综合评判, 得到银缕梅6类影响因子的评判结果。具体运算步骤如下:

(1) 根据各影响因子层次关系图式(图1), 生殖生物学和生态遗传学因子包括5项, 以这5项后的因子重要性评语代码, 可从表1中查出并得到相应权系数阵  $\Delta_1$ :

$$\Delta_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0.25 & 0 \\ 0.33 & 0.33 & 0.50 & 0.50 & 0.33 \\ 0.67 & 0.67 & 0.25 & 0.25 & 0.67 \end{bmatrix}$$

(2) 根据表4因子强度评语代码, 从表2中查出并得到强度评语阵:

$$\tilde{R}_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(3) 对最初一层进行评判运算:

$$B_1 = \Delta_1 \cdot \tilde{R}_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.05 & 0.2 & 0.2 & 0.05 & 0 \\ 0.066 & 0.264 & 0.43 & 0.664 & 0.466 & 0.1 & 0 \\ 0.134 & 0.536 & 0.675 & 0.736 & 0.334 & 0.05 & 0 \end{bmatrix}$$

(4) 同前三步类似, 求出  $B_2, B_3, B_4, B_5, B_6$ 。

(5) 求出生殖生物学与生态遗传学因子等的单项评判:

$$B_{\text{生殖}} = C_{\text{权}} \cdot B_1 = (0, 0.2, 0.35, 0.5, 0.65, 0.8, 1) \cdot B_1 \\ = (0.187, 0.747, 1.052, 1.397, 0.837, 0.163, 0)$$

正规化后:  $B_{\text{生殖}} = (0.043, 0.171, 0.24, 0.319, 0.191, 0.036, 0)$

同理可得:  $B_{\text{进化}} = (0, 0.1, 0.4, 0.4, 0.1, 0, 0)$

$$B_{\text{生态}} = (0.308, 0.251, 0.201, 0.19, 0.05, 0, 0)$$

$$B_{\text{人为}} = (0.355, 0.507, 0.138, 0, 0, 0, 0)$$

$$B_{\text{类型}} = (0.7, 0.3, 0, 0, 0, 0, 0)$$

$$B_{\text{管理}} = (0.646, 0.269, 0.085, 0, 0, 0, 0)$$

最终, 综合评判值  $W$  可用下式表示:

$$W = C_{\text{权}} \cdot B^* \cdot C^T \quad \text{其中 } C_{\text{权}} = (0, 0.2, 0.35, 0.5, 0.65, 0.8, 1);$$

$$B^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.25 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0.25 & 0 & 0 & 0.25 & 0.25 \\ 0 & 0.5 & 0.25 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.5 & 0.25 & 0.25 & 0 \\ 0.33 & 0 & 0.25 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.67 & 0 & 0 & 0.25 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0.043 & 0.171 & 0.24 & 0.319 & 0.191 & 0.036 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.308 & 0.251 & 0.201 & 0.19 & 0.05 & 0 & 0 \\ 0.355 & 0.507 & 0.138 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.646 & 0.269 & 0.085 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$C = (-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3)$ ,  $C^T$ 是等级矩阵  $C$  的转置 计算结果:  $W = -1.50$

### 3. 结果与讨论

#### 3.1 关于银缕梅濒危值及分级的计算

从银缕梅受威胁综合评价来看,已经达到了国家一级稀有濒危优先保护种濒危度阈值  $\lambda_1 = [-1.500, -1.000, -0.500, -0.001]^{[4]}$ 。再从综合评判集  $B^* = (0.27994, 0.27665, 0.18620, 0.10844, 0.07326, 0.00942, 0)$ 按最大隶属度原则来看,银缕梅也应属一级保护\*。由于这次评价考虑了包括上次评价<sup>[2]</sup>的苏南居群在内的所有居群对上次评价的评语进行了修订,使评判结果更能反映银缕梅总的处于濒危的实际情况。虽然涉及到18,19两个因子各升一级和11因子升二级,只有1,10两个因子各降一级;但是以1和10号因子降级影响较大(见表4和图1),使上次评判值-1.839上升到-1.50,两者相差达0.34。修改前后两次评判值的比较说明总的结论是一致的,反映是灵敏的。前述方法还有如下优点:

(1) 对于影响因子多而且复杂的植物受威胁及优先保护研究,根据各种因子对小种群绝灭有影响的随机性原理,采用多层次,二型 Fuzzy 综合评判方法,不仅可以得出较为合理的评判结果,而且还可以推动植物受威胁及优先保护研究的规范化,进而为利用电子计算机等现代化研究手段打下基础。在国内外应用前景广阔。

(2) 在稀有濒危植物等研究工作中,有许多重要因子是无法用某一确定值来表示的,有的则是不能用精确值表示的。例如就稀有和濒危这两个概念而言,很难掌握其标准,虽然可以用调查和观察出某一范围的种的分布区幸存个体数的指标来说明,但实际上,许多种类的调查不可能全面,而且个体数也是随时变化的,特别是个体数的多少,对于树木和草本两种不同类型植物的濒危度评价所起作用是不一样也就是不等权的,例如幸存的1株树和幸存的1

\* 银缕梅已被国内学术界认定为国家一级稀有濒危保护种(吴征镒私人通信,1992;魏宏图等,1993;中华人民共和国林业部和农业部关于中国野生稀有濒危保护植物名录,1994)。

棵草它们两个种的濒危程度是大不一样的；同样，100株都不能开花结实的树要比1株能开花结实的另一种树要更濒危。因此，植物的濒危度计算是一个很复杂的难题。长期以来，稀有濒危植物的受威胁及优先保护研究停滞在定性研究的水平上。而PVA可以分析出对物种绝灭有很大影响的各种因素和物种存活的条件，从而为物种受威胁及优先保护等级划分提供理论依据；Fuzzy数学的综合评价方法就为稀有濒危植物生态学和地理学以及保护生物学研究提供了有用的多层次、二型Fuzzy子集综合评价手段，使稀有濒危概念中一些不能取得确定数值的重要因子数值化，从而使这方面的研究从定性到定量成为可能。

(3) 虽然国外曾提出过某种物种濒危度等级限定方案，但终因某些因子难以取得量测数值，很难掌握其标准。因此二级模糊综合评判的方法与过去的简单定量方法相比，不仅准确可靠，且可操作性强。是制定物种濒危度等级定量方案的一个好方法。

### 3.2 银缕梅在江苏省及全国主要稀有濒危植物优先保护名单中所处的位置

银缕梅属是我国特有的孑遗属，根据化石考证证实它在5 500万年以前在中国有较广泛分布。而现在仅星散分布于苏南、安徽中部和浙江西北部。根据类棒纹粉资料推测，有可能是出现于更早期——白垩纪末期的东亚最早期被子植物属之一。分布极狭窄，现存个体极少，本种开花结实周期具有不确定性特点。由于苏南居群与皖中居群等存有很大差异，故濒危值仍按苏南居群计算可达-1.839，分级判定为1级。

由表4可知，银缕梅不仅在我省主要稀有濒危植物中论其优先保护的急切性可列为最濒危种；而且在全国仅次于银杉，已被列为国家一级优先保护种\*。因此它在中国稀有濒危植物优先保护名单中占有重要位置。此外，由表4还可看出我省若干国家级保护种降级或剔除的原因。

表4 银缕梅在江苏省和全国主要稀有濒危植物受威胁和优先保护名单中所处的位置

Tab 4 *Shaniodendron subaequale* name stands first in the list of the main rare and endangered plants in Jiangsu Province and throughout the country

种名 Species	数据矩阵 Data matrix																				濒危等级	濒危度
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	REG	RS
百山祖冷杉 <i>Abies beshanzuensis</i>	a	a	a	a	a	b	f	b	a	a	b	b	b	c	a	a	a	a	b	b	I	-1.971
银杉 <i>Cathaya argyrophylla</i>	b	c	c	b	b	a	a	a	c	b	a	b	c	c	a	a	b	a	b	c	I	-1.898
银缕梅* <i>Shaniodendron subaequale</i>	b	b	c	d	d	b	a	a	a	a	d	a	a	b	b	b	b	b	b	I	-1.839	
白豆杉 <i>Pseudotsuga chientii</i>	c	d	b	b	b	b	a	a	c	b	a	a	e	e	c	b	b	b	b	I	-1.508	
天目铁木 <i>Dalrymplea redborniana</i>	a	b	b	b	c	d	d	b	c	b	d	c	c	c	d	b	b	b	b	I	-1.495	
独花兰* <i>Changnienia amoena</i>	b	c	e	e	b	e	b	a	e	c	d	b	c	c	a	b	b	b	b	II	-1.202	
醉翁榆* <i>Ulmus gussonei</i>	b	a	b	d	d	c	f	b	a	a	c	b	b	b	c	a	b	b	b	II	-1.130	
秤锤树* <i>Sinojackia xylocarpa</i>	b	b	c	c	d	e	d	a	a	b	b	e	c	d	d	b	c	b	c	II	-1.114	
天目木兰* <i>Magnolia amoena</i>	b	b	c	c	b	b	d	b	c	c	b	d	d	d	c	a	c	c	c	II	-0.881	
金钱松* <i>Pseudolarix kaempferi</i>	d	e	f	d	d	b	a	a	d	c	b	e	d	c	c	b	c	b	d	II	-0.731	
宝华玉兰* <i>Magnolia zuii</i>	c	a	b	b	e	b	f	b	a	a	b	c	c	b	c	c	c	b	d	II	-0.562	
香果树* <i>Eummepterys henryi</i>	d	c	f	f	d	e	b	a	e	d	e	f	e	d	c	b	c	d	b	II	-0.496	
大血藤* <i>Sargentodoxa cuneata</i>	e	f	e	e	e	b	a	a	e	d	b	d	e	d	c	e	d	d	c	II	-0.533	
短穗竹* <i>Brachystachyum densiflorum</i>	b	b	e	e	b	e	b	a	b	c	e	e	c	b	d	b	b	d	c	等外	0.176	
野大豆* <i>Glycine soja</i>	c	b	f	f	e	c	f	c	c	b	c	e	c	c	e	c	b	e	e	等外	0.184	
青檀* <i>Pteroceltis tatarinowii</i>	f	f	f	f	f	c	a	a	e	e	b	e	d	d	c	b	b	e	d	等外	0.301	

\* 江苏省主要稀有濒危种 Main rare and endangered species of Jiangsu Province REG = rare and endangered grading; RS = risk size

\* 见第6页脚注。

总之,从如上所述银缕梅濒危度和保护等级的二级模糊综合评判来看,由于采取了岛屿生物地理学随机统计的技术路线,不仅具有可靠理论基础,而且使用方便。方法是很灵敏的,它能比较准确地反映植物物种实际濒危状况。当前物种种群生存力分析已成为保护生物学研究的热点<sup>[5]</sup>,本方法作为正在发展中的种群生存力分析新方法之一,和一般方法相比,由于它简便易行,具有许多优点,因此有着十分广阔的应用前景<sup>[2]</sup>。

### 参 考 文 献

- 1 邓懋彬,魏宏图,王希冀. 1992: 植物分类学报 30(1): 57~61.
- 2 汪培庄. 1983: 模糊集合论及其应用, 上海科技出版社, 上海.
- 3 许再富,陶国达. 1987: 云南植物研究 9(2): 193~202.
- 4 魏宏图,邓懋彬,金念慈等. 1993: 植物学报 35(增刊): 111~118.
- 5 Hsü J. 1983: *Ann. Missouri Bot. Gard* 70: 490~508.
- 6 Shaffer M L. 1990: *Conservation Biology* 4(1): 39~40.
- 7 TPC. 1980: How to Use the IUCN Red Data Book Catagories, Threatened Plant Committee Secretariat, IUCN.
- 8 Walker J W, A G Walker. 1984: *Ann. Missouri Bot. Gard* 71: 464~521.
- 9 Zadeh, L. A., 1965: *Inform and Control*. 8: 338~353.

(责任编辑:许定发)

### 野茉莉、凤凰花和昆明沙参的原植物考证

陈重明 王铁僧

(江苏省植物研究所,南京 210014)  
中国科学院

在现代植物分类学文献中野茉莉、凤凰花和昆明沙参3种植物名称,使用较为广泛,但其原植物的种类值得商榷。

查阅文献,这3种植物的名称最早均出自我国清代植物学家吴其浚所著的《植物名实图考》,它所指的原植物和现代分类学所指的原植物完全不同。

(1) 野茉莉 《植物名实图考》云:“野茉莉,处处有之,极易繁衍,高2~3尺,枝叶纷披,肥者可荫五、六尺,花如茉莉长而大,其色多种易变,子如豆,深黑有细纹。中有瓢,白色,作粉故又名粉豆花,曝干作蔬,与马蓝头相类,根大者如拳,黑硬,俚医以治吐血”。根据其所述所绘,乃是指紫茉莉科紫茉莉 *Marabitis jalapa* L. 与现今所说野茉莉 *Styrax japonicus* Sieb. et Zucc. 丝毫没有共同之处。

(2) 凤凰花 《植物名实图考》云:“凤凰花,树

叶似槐,生于澳门之凤皇山,开黄花,经年不歇,与叶相埒。深冬换叶时,花少减,结角子如面豆,今园林多植之,或云洋种也”。据图文考证,乃是决明属植物黄槐 *Cassia surattensis* Burm. f. 与现今所说的凤凰花 *Delonix regia* (Bojea) Rafin 也无关。该书又引岭南杂记云:“色如凤,心吐黄丝,叶类槐”。这种植物乃是指云实属植物金凤花 *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw.

(3) 昆明沙参 《植物名实图考》云:“昆明沙参即金铁锁,金铁锁生昆明山中,柔蔓拖地,对叶如指厚肥,仅露直纹一缕。夏开小淡红花五瓣,极细,独根横纹,颇似沙参,壮大或如萝卜,亦有数根攒生者”。根据这里所记述的以及附图来看,考证应是石竹科的植物金铁锁 *Psammosilene tunicoides* W. C. Wu et C. Y. Wu. 而非今所说的桔梗科植物 *Adenophora confusa* Nannf.