

文章编号: 1000-5862(2012)05-0574-05

# 三清山小花木兰种群生命表及生存分析

徐卫红, 郭连金

(上饶师范学院生命科学学院, 江西 上饶 334001)

**摘要:** 以种群生命表和生存分析理论为基础, 编制了三清山小花木兰(*Magnolia sieboldii*)天然种群特定时间生命表, 绘制存活曲线、生存率、积累死亡率、死亡密度和危险率曲线, 并采用谱分析方法分析了种群的数量动态变化. 研究表明: (1)三清山小花木兰种群结构存在波动性, 趋于 Deevey II 型; (2)小花木兰死亡率和消失率变化趋势基本一致, 均出现 2 个高峰, 在第 IV 和 IX 龄级分别出现第 1 个和第 2 个峰值; (3)生存函数曲线表明, 三清山小花木兰种群具有前期相对稳定、中期锐减和后期衰退的特征; (4)谱分析显示, 小花木兰种群动存在 IX 龄级小周期波动, 这一波动与小花木兰进入生理衰老期有关.

**关键词:** 小花木兰; 生命表; 谱分析; 生存分析

**中图分类号:** Q 948

**文献标志码:** A

## 0 引言

生命表是种群统计的核心<sup>[1]</sup>, 研究植物种群的生命表既可反映种群现状, 还可展现植物种群与环境适应的结果, 尤其对于濒危植物的保护和利用具有特殊而重要的意义<sup>[2-3]</sup>. 小花木兰(*Magnolia sieboldii* K.Koc), 别名天女花、天女木兰, 隶属于木兰科木兰属(*Magnolia*), 为国家三级保护植物, 主要分布于辽宁、安徽、浙江、江西、福建北部、广西海拔 1 600~2 000 m 的山地. 小花木兰在医药、化工及生物多样性维持中有着极为重要的作用<sup>[4]</sup>. 目前, 关于小花木兰的研究仅涉及到生物特征<sup>[5]</sup>、群落一般特征<sup>[6]</sup>、组织培养<sup>[7]</sup>、种子后熟的生理变化<sup>[8]</sup>, 以及化合物的提取<sup>[9]</sup>等方面. 近年来, 由于其生长环境遭到严重破坏, 加上自然更新能力较弱, 种质资源日趋濒危<sup>[10]</sup>, 使该植物的存活和繁殖面临着严峻的挑战, 设法实施有效保护已刻不容缓. 本文研究不同环境条件下三清山小花木兰种群动态特征, 分析其与环境因素的关系, 旨在阐明小花木兰的濒危现状, 探寻其濒危原因, 进而为合理地保护这一濒危物种提供理论依据.

## 1 研究地自然概况

三清山位于德兴、玉山两县交界处, 处在信江与饶河分水岭地带, 是中国第 7 个世界自然遗产地, 国家 4A 级风景名胜区, 地理坐标为北纬 28°54'~28°57'、东经 118°00'~118°06', 最高峰为玉京峰, 海拔 1 816.9 m, 位于东北—西南走向的怀玉山脉东端, 为信江河的发源地<sup>[11]</sup>. 风景区内主要有面东和面西 2 条栈道, 分别称为东海岸和西海岸. 本区属亚热带湿润性季风气候, 山上山下气候差异较大. 在山顶的三清宫处(海拔 1 532.8 m), 年均气温为 10.9 °C, 最热月均气温为 20.7 °C, 最冷月均气温为 -0.6 °C, 年均降水量为 1 857.7 mm; 山下则年均气温为 18.12 °C, 最热月均气温为 29.17 °C, 最冷月均气温为 6.00 °C, 年均降水量为 1 840.9 mm<sup>[12]</sup>. 植被以常绿阔叶林、常绿-落叶阔叶混交林、山顶矮林、针叶林、竹林等类型为主. 小花木兰大多散生于山顶矮林内, 其伴生种有黄山杜鹃(*Rhododendron maculiferum*)、米心水青冈(*Fagus engleriana*)、黄山栎(*Quercus stewardii*)、木蜡树(*Toxicodendron sylvestris*)、黄山花楸(*Sorbus amabilis*)、野珠兰(*Stephanandra chinensis*)等.

收稿日期: 2012-06-20

基金项目: 江西省自然科学基金(2010GZN0148), 江西省教育厅科技计划(GJJ12608)和上饶师范学院植物学创新团队课题资助项目.

作者简介: 徐卫红(1961-), 女, 江西玉山人, 副教授, 主要从事植物生态学研究.

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置及调查

经充分踏查, 在小花木兰分布区内选择有代表性的三清宫和玉京峰地段小花木兰种群为研究对象, 分别设置 4 个样地, 根据实地调查情况, 选取样地面积为  $10\text{ m} \times 40\text{ m}$ , 进行群落生态学调查(结果见表 1), 调查内容包括: (1)生境: 地貌地形、土壤、坡向、坡位等。(2)群落学特征: 物种组成、高度、盖度、频度等<sup>[13]</sup>。(3)小花木兰个体定位: 以样地一边为  $X$  轴, 以其垂直边作为  $Y$  轴建立平面直角坐标系, 记录每一株的坐标值, 同时测定其胸径、高度和冠幅。(4)群落内环境因子测定: 包括郁闭度、土壤水分、岩石裸露率以及枯落物厚度, 其中土壤水分测定样品于哪一年 10 月 2 日完成取样, 各样地沿对角线分别取 3 个 0~20 cm 土壤样品, 作为测定水分含量。

表 1 小花木兰林内环境状况

地点	玉京峰				三清宫			
样地号	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	$Q_6$	$Q_7$	$Q_8$
海拔/m	1 628	1 617	1 631	1 705	1 538	1 537	1 532	1 521
坡向	阴坡	阴坡	半阴坡	半阴坡	阴坡	半阴坡	半阴坡	半阴坡
郁闭度	0.55	0.47	0.62	0.81	0.85	0.71	0.58	0.67
土壤含水量/%	9	10	12	16	15	18	11	13
岩石裸露率/%	45	37	48	14	7	3	32	12
枯落物厚度/cm	2	2.5	3	3.5	6.5	5	3.5	2

### 2.2 龄级划分

由于测定植物种群个体年龄较为困难, 故采用 P.W. Rundel<sup>[14]</sup>的研究, 以胸径代表个体的年龄来研究其组成结构。将径级分为 10 级, 标准为: I 级胸径<2 cm<II 级<4 cm<III 级<6 cm<IV 级<8 cm<V 级<10 cm<VI 级<12 cm<VII 级<14 cm<VIII 级<16 cm<IX 级<18 cm<X 级。统计每级个体株数, 作为编制生命表的基础数据。

### 2.3 生命表的编制

生命表能直观地反映种群各年龄或年龄段的实际生存个体数、死亡数, 并能预测种群的生命趋势, 反映种群从出生到死亡的动态关系, 综合判断种群的数量变化, 是统计种群死亡过程的有效方式<sup>[15-16]</sup>。本研究编制的三清山小花木兰静态生命表包括:  $x$ (单位时间内年龄等级的中值)、 $a_x$ (在  $x$  龄级内出现的个体数)、 $l_x$ (在  $x$  龄级开始时标准化存活个体数(一般转化为 1 000))、 $d_x$ (从  $x$  到  $x+1$  龄级间隔期内标准化死亡数)、 $q_x$ (从  $x$  到  $x+1$  龄级间隔期间死亡率)、

$L_x$ (从  $x$  到  $x+1$  龄级间隔期内存活的个体数)、 $T_x$ (从  $x$  龄级到超过  $x$  龄级的个体总数)、 $e_x$ (进入  $x$  龄级个体的生命期望寿命)、 $K_x$ (各年龄组致死力(亏损率)), 具体计算公式参见文献<sup>[17-18]</sup>。

为进一步分析三清山小花木兰种群的结构形式, 阐明其生存规律, 引入生存分析中的 4 个函数项目于生命表中, 即生存率函数  $S_x$ 、积累死亡率函数  $F_x$ 、死亡密度函数  $f_x$ 、危险率函数  $\lambda_x$ <sup>[19]</sup>。

### 2.4 谱分析方法

谱分析方法可以揭示种群数量的周期性波动, 是探讨林分分布波动性和年龄更替过程周期性的数学工具<sup>[20]</sup>, 小花木兰种群的天然更新过程可通过不同径级株数分布波动而表现, 复杂的周期现象可以由不同振幅和相应的谐波组成, 写成正弦波形式<sup>[21-22]</sup>

$$N_t = A_0 + \sum_{k=1}^p A_k \sin(\omega_k t + \theta_k),$$

其中  $A_0$  为周期变化的平均值;  $A_k$  ( $k=1, 2, 3, \dots, p$ ) 为各谐波的振幅, 标志其所起的作用大小, 其值的差异反映了各周期作用大小的差别;  $\omega_k$  及  $\theta_k$  分别为谐波频率及相角;  $N_t$  为  $t$  时刻种群大小。将种群各年龄个体分布视为一个时间系列  $t$ , 以  $X_t$  表示  $t$  年序列时个体数;  $n$  为系列总长度;  $p=n/2$  为谐波的总个体数, 它为已知;  $T$  为正弦波的基本周期, 即时间系列  $t$  的最长周期, 也称为资料的总长度, 这里  $T=n$  是已知的;  $a_k/b_k$  为傅立叶系数。可以利用下面的公式来估计 Fourier 分解中的各个参数。

$$A_0 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t; \quad A_k^2 = a_k^2 + b_k^2;$$

$$\omega_k = 2\pi k / T; \quad \theta_k = \arctg(a_k / b_k);$$

$$a_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n X_t \cos \frac{2\pi k(t-1)}{n}; \quad b_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n X_t \sin \frac{2\pi k(t-1)}{n}.$$

因本研究小花木兰各龄级个体数量相差较大, 在计算时进行对数化处理, 即以  $X_t = \ln(X_{t+1})$  代换公式中的  $X_t$  ( $X_t$  值即表 1  $a_x$  栏中所对应的数值)。利用谱分析公式可计算出各个波形的振幅  $A_k$  值 ( $k=1, 2, 3, \dots, p, p=n/2$ )。  $A_1$  为基波,  $A_2 \sim A_9$  为各个谐波。每个谐波的周期分别是基本周期的  $1/2, 1/3, \dots, 1/p$ <sup>[23]</sup>。

### 2.5 数据处理

采用 SPSS 13.0 统计软件对数据进行统计分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 小花木兰种群静态生命表

由表 2 可知, 小花木兰种群的死亡率、消失率变化基本一致, 即随着龄级的增大先上升后下降, 然后

再有所升高. 死亡率和消失率均产生了 2 个峰值, 第 1 个峰值最高, 出现在 IV 级, 死亡率、消失率分别为 62.5% 和 1.0; 第 2 个峰值较低, 出现在 IX 级, 死亡率、消失率分别为 55.6% 和 0.8. 中树(IV 级)的死亡率较高,

这可能与种内、种间竞争部分占据林冠上层, 竞争力强, 而处于亚乔木层的小花木兰个体被淘汰, 死亡率增高. 但其后小花木兰个体死亡率逐步平缓, 当达到生理年龄, 种群死亡率再次升高.

表 2 小花木兰种群静态生命表

径级	组中值/cm	$a_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$	$\ln a_x$	$\ln l_x$	$K_x$
I	1	118	1 000.0	271.2	27.1	864.4	2 889.8	2.9	4.8	6.9	0.3
II	3	86	728.8	118.6	16.3	669.5	2 025.4	2.8	4.5	6.6	0.2
III	5	72	610.2	135.6	22.2	542.4	1 355.9	2.2	4.3	6.4	0.3
IV	7	56	474.6	296.6	62.5	326.3	813.6	1.7	4.0	6.2	1.0
V	9	21	178.0	25.4	14.3	165.3	487.3	2.7	3.0	5.2	0.2
VI	11	18	152.5	16.9	11.1	144.1	322.0	2.1	2.9	5.0	0.1
VII	13	16	135.6	25.4	18.8	122.9	178.0	1.3	2.8	4.9	0.2
VIII	15	13	110.2	33.9	30.8	55.1	55.1	0.5	2.6	4.7	0.4
IX	17	9	76.3	42.4	55.6	38.1	38.1	0.5	2.2	4.3	0.8
X	19	4	33.9	33.9	0.0	16.9	16.9	0.5	1.4	3.5	3.5

DBH: 胸径;  $a_x$ : 存活数;  $l_x$ : 标准化存活数;  $d_x$ : 死亡数;  $q_x$ : 死亡率;  $L_x$ : 区间寿命;  $T_x$ : 总寿命;  $e_x$ : 期望寿命;  $K_x$ : 消失率.

### 3.2 小花木兰种群存活曲线

本文以存活量  $\ln l_x$  为纵坐标, 以龄级为横坐标作图(图 1). 由图 1 可见, 小花木兰早期死亡数较低, 曲线斜率较小. 死亡率高峰出现在 IV 龄级. I、II 龄级死亡率较低的原因是由于小花木兰幼苗耐阴怕光, 所需光照、水分等资源比较充足, 能在林冠下正常生长发育. 到 IV 龄级时, 随着个体长大, 光照、营养需求量增大, 种间和种内产生剧烈竞争, 因而出现死亡率的高峰. 运用 2 种数学模型对 Deevey-II 型和 Deevey-III 型进行检验, 运用 SPSS 统计软件进行拟合, 建立相应的模型<sup>[20]</sup>.

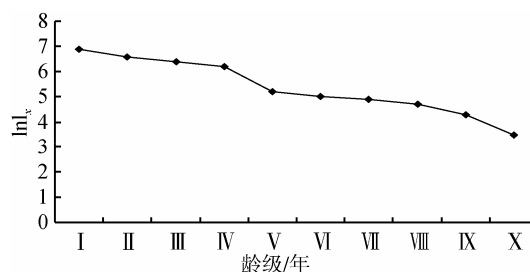
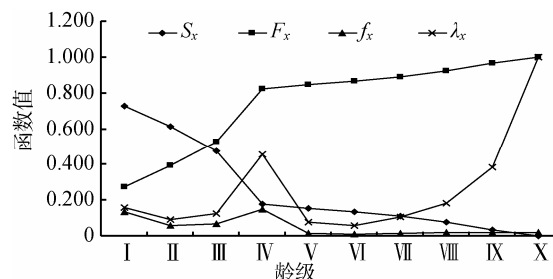
$$N_x = 7.819 5x^{-0.262 2} (R^2 = 0.796 1),$$

$$N_x = 7.694 2e^{-0.069 1x} (R^2 = 0.942 5).$$

由于指数模型的  $F$  检验值及相关指数  $R^2$  值均大于幂函数模型  $F$  检验值及相关指数  $R^2$  值, 因此可以认为小花木兰种群存活曲线更趋于 Deevey-II 型.

### 3.3 小花木兰种群生存分析

三清山小花木兰种群的 4 个生存函数曲线见图 2. 小花木兰的生存率随龄级的增大呈单调递减趋势, 积累死亡率则呈单调递增趋势, 二者互补; 生存率和积累死亡率在前 IV 级变化较大, 从龄级 V 级后变化相对平缓. 到 IX 级生存率仅为 3%, 积累死亡率达到 97%, 说明该物种进入生理衰老期, 种群趋于衰退症状. 小花木兰死亡密度曲线在 IV 级达到峰值, 危险率曲线也在 IX 级出现峰值. 由此可以表明, 小花木兰在 IX 级由于密度效应达到最大, 对光照等可利用资源竞争激烈, 导致其死亡密度最高. X 级小花木兰个体尽管死亡密度不高, 但由于逐步进入生理衰老期, 危险率达到最高. 4 个生存函数曲线表明, 三清山小花木兰具有前期稳定、中期锐减、末期衰退的特征, 这与三清山小花木兰静态生命表分析结果相一致.

图 1 小花木兰种群的存活曲线( $l_x$ )及死亡曲线( $d_x$ )图 2 小花木兰种群生存率  $S_x$ 、积累死亡率  $F_x$ 、死亡密度  $f_x$  和危险率  $\lambda_x$  曲线

### 3.4 小花木兰种群谱分析

表 3 小花木兰种群的周期性波动

谐波	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$
振幅值	3.161 2	0.905 8	0.501 6	0.266 6	0.301 0	0.161 8

小花木兰种群天然更新的动态, 是通过不同龄级的株数分布波动表现的. 为了计算方便, 本文采用生命表的龄级作为波谱分析的级差, 总波序  $K=N/2=5$ . 利用波谱分析公式计算各种情况下各个波形的振幅  $A_K$  值( $K=1, 2, \dots, P$ )(结果见表 2).  $A_0$  为基波,  $A_1 \sim A_5$  为各个谐波. 从表 3 可看出, 小花木兰种群天然更新波动性明显, 种群的基波  $A_0$  最大, 基波

表现了种群基本周期的波动, 其周期长度为种群本身所固有, 由种群波动特性决定。这表明小花木兰种群的数量动态变化受整个生命周期中生物学特性的控制趋向极为明显。但由于所调查的小花木兰种群年龄还不够大, 最大径级为 23 cm, 时间系列长度未能足够长到表现出基本周期, 林分尚未达到成熟林阶段, 不能表现出明显的固有周期长度, 但其存在性是肯定的。从表 3 还可看出, 小花木兰种群数量动态除受基波影响外, 还显示出明显的小周期波动, 如  $A_4$  的波动, 对应的波动约在空间序列径级 17 cm 处 (IX 级), 与小花木兰的生理特性有关。经过长时间的生长过程, 到了这一龄级的小花木兰个体开始进入生理衰退期, 使得该种群数量又出现小波动。从谱分析的结果可以看出, 小花木兰种群存在周期性的波动, 这种周期性的波动与林分更新有关。

## 4 讨论

植物种群数量动态不仅反映种群内不同个体的组配情况, 也反映了种群的结构、发展趋势与环境之间的相互关系。近年来, 濒危植物种群的数量动态是植物种群研究的热点之一<sup>[22]</sup>。按 Deevey 的划分, 存活曲线一般有 3 种基本类型: I 型是凸曲线, 该类型种群绝大多数能活到该物种的生理年龄, 早期死亡率低, 当活到一定生理年龄时, 短期内几乎全部死亡; II 型是直线, 也称对角线, 该类型种群各年龄死亡率基本相同; III 型是凹曲线, 早期死亡率较高, 一旦活到某一年龄, 死亡率就较低<sup>[16, 25-26]</sup>, 濒危植物以 Deevey-II 型和 Deevey-III 型种群居多, 特别是古老的、长寿命的子遗濒危植物<sup>[22, 25]</sup>。

三清山小花木兰种群生命表显示, 种群的存活曲线为 Deevey-II 型, 存活率、死亡率和消失率从整体上反映了小花木兰的种群数量动态变化趋势。生长过程中, 小花木兰出现 2 次死亡高峰, 第 1 次发生在第 IV 级, 第 2 次高峰发生在第 IX 级, 这种死亡率的波浪式起伏与其生物学特性及环境因素有关, 是由于个体在生长过程中对资源的不断增大的需求与所在地生境的容纳量之间的矛盾所决定<sup>[26-27]</sup>。据野外调查发现, 三清山小花木兰种群具有一定数量的幼苗, 但大部分为萌蘖苗, 实生苗较少。该种群随着个体增大, 对光照、营养、水分等资源需求量不断增加, 当环境的承载力达到最大时, 其个体密度不断下降, 即死亡率增高。

生存函数可很好地说明种群的结构和动态变化<sup>[28]</sup>。

生存函数是任意时刻的函数, 比存活曲线更加直观、具体, 在种群生命表分析中实际应用价值很高<sup>[29]</sup>。生存分析表明, 三清山小花木兰种群前期相对稳定、中期数量锐减、末期衰退, 这种结果与生命表分析相一致。小花木兰种群前期幼苗数量相对稳定, 但生长到一定阶段, 环境容纳量达到最大, 种内种间竞争加剧导致数量锐减, 后期逐步进入生理衰老期, 种群逐渐衰退。这种特征与华北落叶松的生长方式相似<sup>[28]</sup>。

波动出现于所有植被中, 伍业钢等<sup>[30]</sup>在研究阔叶红松林的演替与天然更新过程时认为红松天然更新过程呈周期波浪式发展, 是其稳定的一个特点。因此周期性波动可以成为种群稳定性维持的一个机制。三清山小花木兰种群谱分析表明, 该种群更替存在周期性; 在其基波周期内存在 17 cm 左右的小周期波动, 说明小花木兰种群的天然更新过程呈波浪式发展, 其波动与该物种进入生理衰退期有关。

三清山小花木兰野外调查及种群统计表明林下实生苗较少, 118 株幼苗里仅有 32 株为实生苗, 死亡率较低, 中树死亡率高, 难以维持种群的长期稳定, 应在其天然分布区内进行适度的人为干扰, 通过间伐、砍灌、清理林下活地被物等抚育措施, 建立小面积林窗, 使小花木兰中树接受适量的光照, 营造对其生长发育有利的生境。

## 5 参考文献

- [1] Begon M, Mortimer M. Population ecology: A unified study of animal and plants [M]. Oxford London: Blackwell Scientific Publications, 1986: 10-28.
- [2] Luzuriaga A L, Escudero A, Albert J M, et al. Population structure effect on reproduction of a rare plant: beyond population size effect [J]. Canadian Journal of Botany-revue Canadienne De Botanique, 2006, 84(9): 1371-1379.
- [3] Johanna K, Pia M. Population stage structure, survival and recruitment in the endangered East African forest herb *Saintpaulia* [J]. Plant Ecology, 2007, 192(1): 85-95.
- [4] 王茹萍, 吴迪, 高慧媛, 等. 天女木兰叶中甾类化合物的分离与鉴定 [J]. 沈阳药科大学学报, 2009, 26(11): 874-877.
- [5] 杜凤国, 王欢, 杨德冒, 等. 天女木兰种子形态及生物学特性 [J]. 北华大学学报: 自然科学版, 2006, 7(3): 269-272.
- [6] 王献溥, 蒋高明. 中国木兰科植物受威胁的状况及其保护措施 [J]. 植物资源与环境学报, 2001, 10(4): 43-47.
- [7] 杜凤国, 刁绍起, 王欢, 等. 天女木兰的组织培养 [J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(2): 42-43.

- [8] 陆秀君, 刘月洋, 陈晓旭, 等. 天女木兰种子后熟期间的生理生化变化 [J]. 东北林业大学学报, 2009, 31(6): 164-168.
- [9] Lee G T, Lee J N, Lee S Y, et al. A cosmetic composition for skin whitening comprising the extract of *Magnolia Sieboldii* as active ingredient [P]. WO, 069839, 2009.
- [10] 宋连芳, 富玉, 秦丽. 建立天女木兰资源保护区的探讨 [J]. 吉林林业科技, 2001, 30(2): 35-38.
- [11] 臧敏, 卞新民. 江西三清山珍稀濒危植物考察研究 [J]. 武汉植物学研究, 2003, 21(6): 515-520.
- [12] 臧敏, 卞新民. 江西三清山被子植物调查研究 [J]. 亚热带植物科学, 2003, 32(3): 38-41.
- [13] 董鸣. 陆地生物群落调查观测与分析 [M]. 北京: 中国标准出版社, 1996: 12-86.
- [14] Rundel P W. Community structure and stability in the giant sequoia groves of the Sierra Nevada, California [J]. Am Midl Nat, 1971, 85(2): 487-192.
- [15] 李先琨, 向悟生, 唐润琴. 濒危植物元宝山冷杉种群生命表分析 [J]. 热带亚热带植物学报, 2002, 10(1): 9-14.
- [16] 封磊, 洪伟, 吴承祯, 等. 珍稀濒危植物南方铁杉种群动态研究 [J]. 武汉植物学研究, 2003, 21(5): 401-405.
- [17] 江洪. 云杉种群生态学研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [18] 张文辉. 裂叶沙参种群生态学研究 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1998: 44-54.
- [19] 李玲, 张光富, 王锐, 等. 天目山自然保护区银杏天然种群生命表 [J]. 生态学杂志, 2011, 30(1): 53-58.
- [20] Silvertown J W. 植物种群生态学导论 [M]. 祝宁, 译. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1982: 19-74.
- [21] 刘任涛, 毕润成, 闫桂琴. 山西稀有濒危植物山核桃种群动态与谱分析 [J]. 武汉植物学研究, 2007, 25(3): 255-260.
- [22] 郭连金. 濒危植物香果树(*Emmenopterys henryi*)种群结构与动态 [J]. 武汉植物学研究, 2009, 27(5): 509-514.
- [23] 陈远征, 马祥庆, 冯丽贞, 等. 濒危植物沉水樟的种群生命表和谱分析 [J]. 生态学报, 2006, 26(12): 4267-4272.
- [24] 刘仲健, 陈利君, 饶文辉, 等. 长瓣杓兰(*Cypripedium lentiginosum*)种群数量动态与生殖行为的相关性 [J]. 生态学报, 2008, 28(1): 111-121.
- [25] 张志祥, 刘鹏, 蔡妙珍, 等. 九龙山珍稀濒危植物南方铁杉种群数量动态 [J]. 植物生态学报, 2008, 32(5): 1146-1156.
- [26] 谢佳彦, 邓志平. 杭州五云山米槠种群幼苗大小结构及空间分布格局研究 [J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 35-39.
- [27] Brodie C, Howle G, Fortin M J. Development of a populus balsamifera clone in subarctic quebec reconstructed from spatial analyses [J]. Journal of Ecology, 1995, 83(2): 309-320.
- [28] 张钦弟, 张金屯, 苏日古嘎, 等. 庞泉沟自然保护区华北落叶松种群生命表与谱分析 [J]. 应用与环境生物学报, 2010, 16(1): 1-6.
- [29] 杨凤翔, 王顺庆, 徐海根, 等. 生存分析理论及其在研究生命表中的应用 [J]. 生态学报, 1991, 11(2): 153-158.
- [30] 伍业钢, 韩进轩. 阔叶红松林红松种群动态的谱分析 [J]. 生态学杂志, 1988, 7(1): 19-23.

## The Life Table and Survival Analysis for an Endangered Plant *Magnolia Sieboldii* Population in Sanqing Mountain

XU Wei-hong, GUO Lian-jin

(Life Science College, Shangrao Normal University, Shangrao Jiangxi 334001, China)

**Abstract:** Based on the population life table and the theory of survival analysis, the static life table of *Magnolia sieboldii* population in Sanqing Mountain was compiled by applying the age class structure represented by DBH class. The Survival curve, survival rate, accumulated mortality, death density and hazard rate curve were also determined, and population dynamics were analyzed by spectral analysis. The results showed: (1) There was a fluctuation in the structure of *Magnolia sieboldii* population. The survival curve tended to the type of Deevey II, and the number of seedlings was small. The *Magnolia sieboldii* population was declining population. (2) Two peaks of mortality rate and vanishing rate existed in the population: One in the IV age class periods and the other in the IX age class. (3) Survival functional curves showed that the *Magnolia sieboldii* population grew stably relatively at young stage, decreased very quickly at middle stage and declined at old stage. (4) Spectral analysis revealed that a small fluctuation at IX age class was existed in the *Magnolia sieboldii* population natural regeneration, and this fluctuation was caused by the population individuals entering physiological aging period.

**Key words:** *Magnolia sieboldii*; life table; spectral analysis; survival analysis

(责任编辑: 刘显亮)