

濒危植物南川升麻种群数量动态的分析

岳春雷¹, 江 洪², 朱荫湄¹

(1. 浙江大学环境与资源学院环境工程系, 杭州 310029; 2. 中国科学院地理科学与自然资源研究所, 北京 100101)

摘要 运用种群静态生命表、生殖力表和 Leslie 矩阵模型, 研究了中国特有的濒危植物南川升麻种群数量动态过程。结果表明, 南川升麻种群为衰退型种群, 种群的净增殖率、内禀增长率和周限增长率较低, 种群世代周期偏长, 在 25a 内种群幼苗数量和总数量呈现出持续下降的趋势。南川升麻种群经历了两次死亡高峰期, 受到了环境筛的强烈过滤作用。

关键词 濒危植物, 南川升麻, 种群动态, Leslie 模型

Analysis on Numeric Dynamics of Population of *Cimicifuga nanchuanensis* an Endangered Plant

YUE Chun-Lei¹, JIANG Hong², ZHU Yin-Mei¹ (1. Environment and Resource Academy, Zhejiang University, Hangzhou 310029; 2. Institute of Geography and Natural Resources Research, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101). *Acta Ecologica Sinica* 2002, 22(5): 793~796.

Abstract *Cimicifuga nanchuanensis* is an endangered plant species, only distributed in Jinfu Mountain, Sichuan Province, China. At present, there exists a population. Based on overall investigation of age structure, seed production and seed natural germination rate etc., the numeric dynamics of *Cimicifuga nanchuanensis* population was studied by application of static life table, fecundity schedule and Leslie matrix. The results were as follows:

Its net reproductive rate(R_0), intrinsic rate of increase(r_m) and finite rate of increase(λ) were 0.9610, -0.0014 and 0.9986, respectively. Values of these parameters ($R_0 < 1$, $r_m < 0$, $\lambda < 1$) showed that the population was of decreasing type. By Leslie matrix model, it was predicted that in the coming 25 years, the number of population would decrease by 50% or so, and the proportion of one-year-old seedlings would decrease, while the proportion of the old individuals would increase. The population underwent two high killing power periods. The first high killing power was caused by water stress, and the second one was mainly caused by shortage of light.

Key words endangered plant; *Cimicifuga nanchuanensis*; population dynamics; Leslie model

文章编号: 1000-093X(2002)05-0793-04 中图分类号: Q948.121 文献标识码: A

南川升麻(*Cimicifuga nanchuanensis*)是中国特有的毛茛科、升麻属多年生草本植物。其根茎具较高的药用价值, 有解热透疹、去瘀消肿之功效, 是四川东部有名的药材。南川升麻分布区十分狭窄、个体数量稀少、结籽率低, 目前已处于濒危状态。为了揭示濒危的原因和机制, 国内一些学者曾对其生殖生物学特性和光合生理特征进行研究^[1~4]。本文运用生命表、生殖力表探讨种群的动态过程, 并在此基础上建立预测种群数量动态变化的 Leslie 矩阵模型, 定量地阐明南川升麻种群数量变化特征, 为更好的保护和有效利用这一珍贵的植物资源提供理论依据。

1 南川升麻自然分布区概况

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39391500)

收稿日期: 2001-06-22; 修订日期: 2002-02-01

作者简介: 岳春雷(1969~), 男, 河南永城人, 博士。主要从事生态与环境生物学研究。现在浙江省林业科学研究院工作。

万方数据

E-mail: yuechunlei@yahoo.com.cn

南川升麻仅分布于四川省金佛山区(28°52'N ,107°27'E),生长在海拔 1700m 以上的北坡。分布区内生境阴湿,土壤为黄棕壤, pH 为 6.5~7.2。分布区主要群落类型为扁刺栎(*Castanopsis plantycantha*)林。灌木层主要植物种类有阔柄杜鹃(*Rhododendron platpodum*)、峨马杜鹃(*Rhododendron ochraceum*);草本层以岩乌头(*Aconitum racemulosum*)、羊齿天门冬(*Asparagus filicinus*)、藜芦(*Veratrum nigrum*)为主。南川升麻分布区气候寒冷、雾浓、风强、雪多。年降水量为 1395.5mm,降水分布极不平衡,夏季降水占全年降水量的 76%,年平均气温 8.4℃,相对湿度 90% 以上,极端高温为 29.4℃,极端低温为 -14.4℃,年平均雾日为 263 d。

2 研究方法

2.1 野外调查

在南川升麻自然分布区内,随机设置样方 40 个,样方面积为 5×5m²,对样方内南川升麻植株逐一记录其高度、基径、冠幅。根据根茎上每年遗留下的马蹄型茎痕确定南川升麻植株年龄。在种子成熟时期(11 月初)收集种子,建立单株种子产量与植株年龄、株高和基径的模型方程,并以此来估算各龄级植株的种子产量。随机选取 15 株成熟植株,调查其周围 2 m² 范围内生长的 1 年生幼苗数。根据每棵成熟植株所产生的种子数,估算南川升麻种子的自然萌发率。

2.2 静态生命表的编制

南川升麻属于长寿命的多年生草本植物,故采用“空间代替时间”的方法编制静态生命表。静态生命表包含以下内容: X 年龄级; l_x , X 龄级开始时的标准化存活数; d_x ,从 X 到 $X+1$ 期的标准化死亡数; q_x , X 龄级的个体死亡率, $q_x = d_x / l_x \times 1000$; L_x ,从 X 到 $X+1$ 时的平均存活的个体数, $L_x = (l_x + l_{x+1}) / 2$; T_x , X 龄级及以上各龄级的个体存活总数, $T_x = l_x + l_{x+1} + \dots$; e_x ,进入 x 龄级个体的平均生命期望, $e_x = T_x / l_x$; a_x , X 龄级开始时的实际存活数(本文 a_x 为个体数/hm²); K_x ,种群消失率, $K_x = \ln l_x - \ln l_{x+1} + 1$ 。

2.3 种群生殖力表的编制

种群生殖力表含有 X 、 l_x 、 m_x 、 $l_x m_x$ 、 $x l_x m_x$ 5 列内容,其中 X 代表年龄级; l_x 代表 X 龄级时的存活率; m_x 代表 X 龄级植株平均生产的子代数。按照以下公式计算种群净增殖率(R_0)、内禀增长率(r_m)、周限增长率(λ)、世代平均周期(T)。

$$R_0 = \sum l_x m_x \lambda = N_{t+1} / N_t, T = \sum x l_x m_x / \sum l_x m_x, r_m = \ln R_0 / T, \lambda = N_{t+1} / N_t \text{ 或 } \lambda = e^r$$

3 结果与分析

3.1 南川升麻种群的静态生命表

以 5a 为龄级,根据原始数据并采用匀滑处理技术^[5],编制南川升麻种群生命表(表 1)。

表 1 南川升麻种群静态生命表

Table 1 Static life table of <i>Cimicifuga nanchuanensis</i> population										
X	l_x	d_x	q_x	L_x	T_x	e_x	a_x	$\ln a_x$	$\ln l_x$	K_x
1	1000	370	370	815	3827	3.8	300	5.704	6.908	0.462
5	630	37	58	612	3012	4.8	189	5.242	6.446	0.060
10	593	150	253	518	2400	4.0	178	5.182	6.386	0.291
15	443	0	0	443	1882	4.2	133	4.890	6.094	0.000
20	443	40	90	423	1438	3.2	133	4.890	6.094	0.095
25	403	70	174	368	1015	2.5	121	4.796	6.000	0.191
30	333	0	0	333	647	1.9	100	4.605	5.809	0.000
35	333	260	780	203	313	0.9	100	4.605	5.809	1.514
40	73	37	500	55	110	1.5	22	3.091	4.295	0.693
45	37	0	0	37	55	1.5	11	2.398	3.602	0.000
50	37	0	0	18	18	0.5	11	2.398	3.602	2.398

由南川升麻种群静态生命表可知,在幼苗期,种群消失率(K_x)较高。这说明,在幼苗阶段,种群受到了

环境筛(Environmental sieve)的强烈过滤作用。幼苗期的环境筛主要是水分的胁迫。南川升麻幼苗根系比较浅 ,再加上林下具有较厚的枯枝落叶层 ,阻碍了根系向土壤的发展 ,一旦遇到短期干旱少雨 ,便可导致幼苗大量枯死。在 35~40a 年龄段 ,种群消失率也较高。在这一时期 ,较高的种群消失率可能是光照强度不足导致的。南川升麻属于耐荫植物 ,但其耐荫性是有限的^[1] ,而大多数处于林下的植株受到荫蔽。经过一段稳定生长期的南川升麻植株 ,需要更多的光能来保证自身的营养生长和生殖生长。能够到达林下并可被植株吸收的光能就成为生长和发育的限制因子。种群消失率的增加也可能与自身的生理衰关。

3.2 南川升麻种群生殖力表和重要参数的分析

种群生殖过程是研究种群动态全过程的一个十分重要环节。植株的种子产量和种子本身的生物学特性直接影响种群数量的变化。生殖力表是反映种群的存活率与种群生殖力之间关系的一个重要工具。根据种群生殖力表中的数据 ,可以计算种群增长的内禀增长率、周限增长率、净增殖率、世代长度(亲子平均周期) ,进而预测种群数量的发展趋势。南川升麻种群生殖力表如表 2 所示。

表 2 南川升麻种群生殖力表

Table 2 Fecundity schedule of *Cimicifuga nanchuanensis* population

<i>X</i>	<i>l_x</i>	<i>m_x</i>	<i>l_x · m_x</i>	<i>x · l_x · m_x</i>
1	1	0	0	0
5	0.6300	0	0	0
10	0.5930	0	0	0
15	0.4430	0	0	0
20	0.4330	0.240	0.104	2.080
25	0.4030	0.982	0.396	9.900
30	0.3330	0.701	0.232	6.960
35	0.3330	0.473	0.158	5.530
40	0.0730	0.473	0.035	1.400
45	0.0370	0.456	0.017	0.765
50	0.0370	0.502	0.019	0.950

净增殖率 Net reproductive rate $R_0 = 0.9610$
内禀增长率 Intrinsic rate of increase $r_m = -0.0014$
周限增长率 Finite rate of increase $\lambda = 0.9986$
世代平均周期 Generation span $T = 27.59(a)$

南川升麻种群的净增殖率为 0.9610 ,表明它的每一世代种群可以增殖 0.9610 倍 ;内禀增长率为 -0.0014 ,表明瞬时出生率小于瞬时死亡率 ;周限增长率为 0.0098 ,表明南川升麻种群将以 0.9986 倍的速度作几何级数下降。所有这些参数值($R_0 < 1$, $r_m < 0$, $\lambda < 1$)均表明 ,南川升麻种群不能完成自我更新 ,种群为负增长。但从周限增长率来看 ,南川升麻种群数量下降的速度比较缓慢。

3.3 Leslie 矩阵模型的构建与模拟

矩阵模型是 Leslie P. H. 首先引入种群生态学的^[6]。Leslie 矩阵模型以前主要用于动物种群的研究中 ,目前已在植物生态学中得到大量应用^[7,8]。通过 Leslie 矩阵 ,可以定量地预测种群的数量变化。在建立南川升麻种群 Leslie 矩阵模型时 ,南川升麻种子自然萌发率以 3.2% 参与计算。利用南川升麻种群 Leslie 矩阵模型 ,以 5a 为时间间隔 ,预测该种群在未来 25a 内种群数量和年龄结构的变化。南川升麻种

群 Leslie 矩阵模型和预测结果如下 :

$M =$

0	0	0	0	0.213	0.751	0.3378	0.169	0.273	0.164	0
0.792	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.860	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.901	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0.913	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.886	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0.765	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0.481	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0.357	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0.598	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.327	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 3 未来 25a 内南川升麻种群数量动态预测

Table 3 Numeric dynamics of *Cimicifuga nanchuanensis* population in 25 years

年龄级 Age class	N_0	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
1	300	166	167	175	117	112
5	189	141	125	134	108	88
10	178	202	112	112	118	79
15	133	145	108	96	103	83
20	133	147	166	92	92	97
25	121	108	117	82	78	83
30	100	90	99	113	62	63
35	100	45	40	43	32	29
40	22	17	15	17	19	11
45	11	21	9	8	9	7
50	11	4	3	3	3	4
总计 Total	1298	1085	962	881	742	654

Leslie 矩阵模型能够预测种群数量及结构的动态变化,它在濒危物种保护和管理上具有重要应用价值。但模型计算较为复杂,并且需要大量的基础数据。因此,要准确地预测濒危植物种群数量动态变化,就需要进行周密细致的野外调查,只有这样才能使模型的参数不断完善和发展,使预测的结果更加可靠。

参考文献

- [1] Yue C L(岳春雷), Liu Y Q(刘亚群). Preliminary studies on physiological ecology of photosynthesis of an endangered plant-*Cimicifuga nanchuanensis*. *Acta Phytoecologica Sinica*(in Chinese)(植物生态学报), 1999, **23**(1): 71~75.
- [2] Qi W Q(奇文清), Feng Y(冯云), Chenzhu X Z(陈朱希昭), et al. Studies on the reproductive characteristics of *Cimicifuga nanchuanensis*(Ranunculaceae). *Acta Botanica Sinica*(in Chinese)(植物学报), 1997, **39**(1): 7~10.
- [3] Fu J(符近), Qi W Q(奇文清), Gu Z H(顾增辉), et al. Seed dormancy and germination in *Cimicifuga nanchuanensis*. *Acta Botanica Sinica*(in Chinese)(植物学报), 1998, **40**(4): 303~308.
- [4] Qi W Q(奇文清), You R L(尤瑞麟), Chen X L(陈晓麟). Pollination biology in *Cimicifuga nanchuanensis*, an endangered species(Ranunculaceae). *Acta Botanica Sinica*(in Chinese)(植物学报), 1998, **40**(8): 688~694.
- [5] Jiang H. Population ecology of *Picea asperata*(in Chinese). Beijing: Chinese Forestry Press, 1992.
- [6] Lesile H P. On the use of matrices in certain populations. *Biometrics*, 1945, **33**: 183~212.
- [7] Zheng Y R(郑元润), Zhang X S(张新时), Xu W D(徐文铎). Model forecast on population dynamics of spruce on sandy land. *Acta Phytoecologica Sinica*(in Chinese)(植物生态学报), 1997, **21**(2): 130~137.
- [8] Wu M Z(吴明作), Jiang Z L(姜志林), Liu Y C(刘玉萃), et al. A study on the life process and stability of *Quercus variabilis*(Fagaceae) population. *Journal of Nanjing Forestry University*(in Chinese)(南京林业大学学报), 1999, **23**(5): 55~59.

从表 3 可以看出,南川升麻种群数量从目前的 1298 株/hm² 稳步下降到 25a 后的 654 株/hm²,种群数量下降了大约 50%,1~5 年生幼苗数量也呈现出稳步下降的趋势,老年个体所占的比例增大。Leslie 矩阵模型的模拟结果表明,南川升麻种群是衰退种群,这与生殖力表的分析结论相吻合。

4 讨论

南川升麻种群数量的不断下降说明其濒危状况仍在进一步加剧。种群数量下降是多方面原因引起的。在自然条件下,南川升麻传粉效率、结籽率、种子自然萌发率、种子-幼苗转化率都很低^[2,3]。种群数量下降也与人类活动有关。由于南川升麻具有较高的药用价值,历史上,它被大量的采挖,它的生存环境曾遭受严重破坏。根据其种群数量下降的原因,建议采取人工授粉和就地保护相结合的办法,逐步恢复其种群个体数量。