

渐危植物格木群落动态及其保护对策*

史军辉^{1,2}, 黄忠良^{1**}, 蚁伟民¹, 欧阳学军^{1,2}, 周小勇^{1,2}

(1. 中国科学院华南植物园鼎湖山自然保护区, 广东 肇庆 526070; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:格木 (*Erythrophleum fordii*) 是列入中国植物红皮书第一册的我国二级重点保护的珍稀渐危植物之一, 根据 1995 年和 2002 年对鼎湖山格木群落的全面调查数据分析表明: (1) 随着格木群落不同种类的种群数量不断消长, 黄果厚壳桂 (*Cryptocarya concinna*)、厚壳桂 (*C. chinensis*) 种群将有替代格木的优势地位的趋势; (2) 格木和黄果厚壳桂都具有较强的竞争能力, 且格木与黄果厚壳桂利用空间资源相似, 种间竞争程度较高, 黄果厚壳桂种群是格木种群有力竞争者; (3) 虫害干扰使格木种群在群落中的优势地位增强。因此, 在群落尺度下, 格木种群保护仅靠封育可能达不到保护目的, 通过对格木群落动态发展规律的了解和格木在群落中的地位认识, 配合科学的人工干扰措施, 降低竞争程度才可能积极有效地保护野生格木种群。

关键词:濒危植物; 群落动态; 种间竞争; 干扰; 保护对策

中图分类号: S718.541 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7461(2005)03-0065-05

Dynamics of *Erythrophleum Fordii* Community and Conservation Strategies

SHI Jun-hui^{1,2}, HUANG Zhong-liang^{1*}, YI Weimin¹, OUYANG Xue-jun^{1,2}, ZHOU Xiao-yong^{1,2}

(1. Dinghushan Nature Reserve, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Science, Zhaoqing 526070;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: *Erythrophleum fordii* is one of precious endangered plant species listed in the second grade of protected roster in Chinese Plant Red Book I. How to protect the rare population effectively in situ is the main aim of this study. By analysis on investigated data of *E. fordii* community in 1995 and 2002, some results were obtained: (1) Based on dynamics of population sizes in community succession, populations of *Cryptocarya concinna* and *C. chinensis* had the trend to replace *Erythrophleum fordii* as the most dominant species in the future. (2) From niche breadth and niche overlap analysis of species in the community, *Erythrophleum fordii* and *Cryptocarya concinna* share similar space source. The competition between them was intensive to seize space source. (3) Disturbance of insect outbreak changed the trend, decreased the populations of *Cryptocarya concinna* and *C. chinensis* enhanced the dominant status of *E. fordii*. Considering the situation above, it is thought that relying on enclosure management to the community could not reach the aim of increasing the population of *Erythrophleum fordii*. For protecting the endangered species effectively, an initiative disturbing measure should be taken to decrease the competitive degree between *Erythrophleum fordii* and other main species in the community based on knowing the trend of the community succession and the main competitors to *Erythrophleum fordii*.

Key words: endangered species; community dynamics; interspecies competition; disturbance; conservation strategy

格木 (*Erythrophleum fordii*) 属苏木科格木属, 是列入中国植物红皮书第一册的我国二级重点保护的

* 收稿日期: 2004-10-19 修回日期: 2005-01-07

基金项目: 国家自然科学基金重大项目 (39899370)、中国科学院重大项目 (KZ951-B1-110)

作者简介: 史军辉 (1965-), 男, 陕西兴平人, 在职博士, 研究方向为保护生物学。

** 通讯作者: 黄忠良。

植物之一。目前种群数量已不多,成片分布的就更为稀少,已成为渐危植物。格木的野生种群多为零散分布,鲜有大的种群。鼎湖山自然保护区现保存有一较大格木野生种群,以它为优势种构成一季风常绿阔叶林特殊群落,面积约 1 hm²,是南亚热带为数不多的野生格木群落之一。对于鼎湖山的格木群落,生态学者们很早就予以关注,1995年在此建立了永久监测样地,王铸豪^[1]、黄忠良^[2]、蚁伟民^[3]分别对其种群动态和群落学特征进行了研究,但尚未从生态位重叠和竞争的角度以及干扰的影响方面对格木群落进行保护生态学研究。

Odum (1959)认为生态位是一个种在其群落和生态系统中的地位和状况,而这种地位和状况决定于该生物的形态适应、生理反应和特有的行为。具有相同生态位的物种之间由于竞争,不能无限期共存,其中一个种最终会成为优势种^[4]。生态位的概念已同种间竞争密切联系在一起,而且越来越同资源的利用联系在一起^[5]。种群生态位宽度和生态位重叠度可以反映植物种的竞争能力和竞争程度。干扰被认为是影响珍稀植物种群动态和群落发展的一个重要因素,它可以改变群落生态位的分配。

本文根据 1995年和 2002年对该格木群落的全方面调查数据,从格木群落各种成分种群数量的消长,分析格木种群和其他主要优势树种种群的动态趋势;以乔木层各树种生态位宽度和生态位重叠分析揭示与格木种群竞争关系的植物种群及其竞争的程度;以虫害干扰对格木群落组成结构的影响分析干扰对格木种群保护的意义。据此在群落尺度上,从群落动态发展的角度提出野生格木种群的保护生物学对策。

1 研究地区概况和研究方法

1.1 自然概况

鼎湖山自然保护区地处广东省肇庆市鼎湖区(23°09'21"~23°11'30"N, 112°30'39"~112°6'33"41"E)。气候属亚热带湿润季风气候,年平均气温 20.9℃,年相对湿度 81%,年降雨量 1 956 mm,全年干湿季明显,降雨量的 70%发生在 4~9月。该区地形为起伏的山地和丘陵;主要土壤类型为赤红壤和红壤;本地区有多种类型的植物群落,地带性植被为季风常绿阔叶林。格木所在的群落属季风常绿阔叶林的一种特别类型,格木是该群落的优势种,其主要伴生种为黄果厚壳桂(*Cryptocarya concinna*)和鼎湖钓樟(*Lindera cunnii*),因此,该群落称为格木、黄

果厚壳桂、鼎湖钓樟群落(*E. fordii*-*C. concinna*-*L. cunnii* Community)。该群落位于庆云寺右侧,环山公路将该群落一分为二。其土壤类型为发育于砂岩母质上的赤红壤,土层厚度为 30~60 cm。

1.2 研究方法

1.2.1 格木群落调查 1995年在格木群落设立 1 600 m²的固定样地,对胸径 > 1 cm的所有植物(乔木和灌木)进行挂牌和每木检尺,测定指标:种名、胸径、枝下高、树高、冠幅、坐标。2002年对该群落进行了复查,方法和指标同 1995。

1.2.1 生态位宽度和生态位重叠计算 将格木群落的林冠层按高度分级表示以光为主导因子的生态资源空间序列轴,分为幼树 I层 0~3.0 m,幼树 II层 3.1~5.9 m,乔木 III层 6.0~10.0 m,乔木 IV层 10.1~15.0 m,乔木 V层 > 15 m,共 5个高度级;根据各树种在各高度级的个体数或频率计算该群落植物高生态位宽度和生态位重叠度^[6]。

植物种重要值(important value) = 相对优势度 + 相对频度 + 相对密度

生态位宽度指数采用 Shannon - Wiener 指数:

$$B_i = - \sum_{j=1}^r (P_{ij} \ln P_{ij}), B_i \text{ 为物种的生态位宽度, } P_{ij} \text{ 是物种 } i \text{ 在第 } j \text{ 资源位上的个体数占 } j \text{ 资源位上所有个体数的比例, } r \text{ 为高度分级数 (本文中 } r = 5 \text{)}。$$

生态位重叠指数采用 Hurlbert 重叠指数: $O_{ik} = \sum_{j=1}^r \frac{P_{ij} P_{kj}}{C_j}$, r 含义同上; C_j 是第 j 个资源的相对多度。

2 结果与分析

2.1 格木群落乔木层结构分析

在没有外界强干扰下,森林群落的种群发展趋势可以通过森林群落种群的不同年龄结构呈现出来^[7]。通过没有受到虫害严重干扰前的鼎湖山格木群落(1995调查资料),分析格木群落在正常自然环境条件下种群变化趋势。格木群落除了优势种差异外,其他组成结构与季风常绿阔叶林典型群落基本相似。乔木层可以划分为 3 亚层,与格木种群混生并处于同一林冠层的植物种主要有黄果厚壳桂、鼎湖钓樟、锥栗(*Castanopsis chinensis*)、荷木(*Schinus superba*)、厚壳桂、水石梓(*Sarcosperma laurinum*)等(表 1)。从该群落乔木层树种重要值分析,格木在群落中占绝对优势。但是,乔木各层植物相对多度变化趋势表明,虽然格木种群在乔木 I II层数量占优势,分别为 60.0%、33.8%,但在幼树层仅为 2

8% ;呈典型的倒金字塔型,按种群生态学理论,此属衰退种群。黄果厚壳桂种群在 I II III层的数量逐步增加,呈典型的金字塔模式,属增长种群;鼎湖钓樟种群、厚壳桂种群与黄果厚壳桂种群相似。王伯荪等^[8]对鼎湖山南亚热带森林代表性植物群落优势植物物种数量动态进行研究后认为,随着演替的

进展,阳性植物占优势地位的常绿阔叶林群落趋向中性的黄果厚壳桂种+厚壳桂+云南银柴群落。因此,在没有受外界大的干扰下,随着群落的发育,格木将受到相同生活型植物种的竞争,黄果厚壳桂、厚壳桂种群将有替代格木的优势地位的趋势。

表 1 格木群落乔木层的种类组成

Table 1 Species composition of tree layers in the *E. fordii* community

种 名	每层相对多度 /%				生活型	重要值
	I	II	III	Total		
格木 (<i>Erythrophleum fordii</i>)	60.0	33.8	2.8	11.0	T	72.9
黄果厚壳桂 (<i>Cryptocarya concinna</i>)	5.7	13.8	20.5	18.6	T	36.7
鼎湖钓樟 (<i>Lindera chunii</i>)	0.0	1.5	17.4	14.1	T	25.1
锥栗 (<i>Castanopsis chinensis</i>)	8.6	7.7	0.5	2.0	T	20.4
光叶山黄皮 (<i>Randia canthioides</i>)	0.0	0.0	11.0	8.8	S	17.2
小盘木 (<i>Microdesmis casearifolia</i>)	0.0	0.0	7.9	6.3	T	13.3
云南银材 (<i>Aporosa yunnanensis</i>)	0.0	0.0	6.2	4.9	S	11.1
厚壳桂 (<i>Cryptocarya chinensis</i>)	0.0	6.2	2.6	2.9	T	8.6
水石梓 (<i>Sarcospermum laurinum</i>)	0.0	1.5	3.6	3.1	T	8.0
荷木 (<i>Schinus superba</i>)	11.4	3.1	0.0	1.2	T	7.3
白颜 (<i>Gironniera subaequalis</i>)	0.0	6.2	2.1	2.4	T	7.2
白车 (<i>Syzygium levinei</i>)	0.0	3.1	2.3	2.2	T	5.6
肖蒲桃 (<i>Acenna acuminatissima</i>)	0.0	1.5	2.6	2.2	T	5.3
橄榄 (<i>Canarium album</i>)	2.9	3.1	0.8	1.2	T	5.1
假苹婆 (<i>Sterculia lanceolata</i>)	2.9	0.0	1.0	1.0	T	4.9
华润楠 (<i>Machilus chinensis</i>)	2.9	3.1	0.3	0.8	T	4.7
岭南山竹子 (<i>Garcinia oblongifolia</i>)	0.0	1.5	1.8	1.6	T	4.3
土沉香 (<i>Aquilaria sinensis</i>)	0.0	1.5	1.0	1.0	T	3.5
谷木 (<i>Menclymenium ligustrifolium</i>)	0.0	0.0	2.1	1.6	T	3.3
半枫荷 (<i>Pterospermum lanceaefolium</i>)	0.0	0.0	1.5	1.2	T	3.0
降真香 (<i>Acronychia pedunculata</i>)	0.0	3.1	0.5	0.8	T	2.4
红枝蒲桃 (<i>Syzygium rehderianum</i>)	0.0	3.1	0.3	0.6	T	2.1
笔罗子 (<i>Meliosma rigida</i>)	0.0	0.0	1.0	0.8	T	1.9
黄杞 (<i>Engelhardtia roxburghiana</i>)	0.0	1.5	0.5	0.6	T	1.8
小叶胭脂 (<i>Artocarpus styracifolius</i>)	0.0	0.0	0.8	0.6	T	1.8

* I层树高 25.1~32.0 m, II层树高 11.1~17.0 m, III层树高为 3.1~7.0 m。

2.2 虫害干扰下的格木群落种类组成变化

樟翠尺蛾 (*Thalassodes quadraria*)是一种食叶性昆虫,1985年后连续几年在鼎湖山的季风常绿阔叶林内爆发。樟翠尺蛾幼虫的取食对象为樟科植物,在鼎湖山主要是厚壳桂、黄果厚壳桂、华润楠和鼎湖钓樟,其中黄果厚壳桂和鼎湖钓樟种群是格木种群主要竞争者。樟翠尺蛾的爆发对季风常绿阔叶林的结构和组成变化产生了很大的影响^[9]。根据 1995年和 2002年对格木群落的调查资料的对比,由于受虫害的影响,8 a内样地内乔木密度下降了 25%,群落组成变化较大(表 2)。虽然格木仍占据第 1 优势种的地位,但原第 2、第 3 优势种黄果厚壳桂、鼎湖钓樟种群数量下降较大,其中黄果厚壳桂种群已不足 8 a前的 20%,重要值从 27.9 降至 9.8。这与自

然演替的预期发展截然相反,显然,虫害干扰使格木种群在群落中的优势地位增强。其他种群保持较稳定的主要种还有:小盘木、云南银柴、锥栗、白颜树、水石梓、谷木等。

2.2 格木群落乔木层主要树种的生态位分析

没有受虫害严重干扰前,格木群落中主要优势种高生态位宽度次序为:黄果厚壳桂(1.51) > 格木(1.11) > 鼎湖钓樟(0.96) > 厚壳桂(0.94) > 锥栗(0.37) > 荷木(0.23)(表 3)。黄果厚壳桂和厚壳桂是季风常绿阔叶林的中性优势树种,荷木和锥栗是针阔混交林的阳性优势树种,阳性树种的高生态位宽度明显小于中性树种,因此中性树种在格木群落中具有较强的种间竞争能力。从格木群落的主要优势种来看,格木种群和黄果厚壳桂种群位居群

落重要值的前两位,但黄果厚壳桂种群的高生态位宽度高于格木种群,表明黄果厚壳桂种群是格木种群的主要竞争者。另外,鼎湖钓樟和厚壳桂种群的

生态位宽度和格木种群相似,也是格木种群的有力竞争者。

虫害干扰使格木群落的生态宽度次序发生了明

表 2 虫害干扰对格木群落主要种类组成变化的影响

Table 2 Species composition change of tree layers in the *E. fordii* community

种 名	株 数		相对密度		相对优势度		相对频度		重要值	
	1995	2002	1995	2002	1995	2002	1995	2002	1995	2002
格木	54	54	7.3	10.9	49.6	53.6	3.1	6.0	59.9	70.5
华润楠	4	13	0.5	2.6	2.9	13.4	2.3	4.7	5.7	20.7
小盘木	60	60	7.9	12.1	1.2	1.2	3.1	5.6	12.1	18.9
云南银柴	44	49	5.8	9.9	0.9	1.0	3.1	4.7	9.8	15.6
黄果厚壳桂	155	29	20.4	5.9	4.4	0.1	3.1	3.8	27.9	9.8
厚壳桂	26	11	3.4	2.2	3.6	4.0	2.3	3.4	9.4	9.6
锥栗	8	7	1.1	1.4	15.5	6.6	2.3	1.3	18.9	9.3
鼎湖钓樟	67	19	8.8	3.8	1.0	0.3	3.1	4.7	12.9	8.9
白颜树	14	12	1.8	2.4	2.2	2.1	3.1	3.0	7.1	7.5
水石梓	23	18	3.0	3.6	1.0	0.7	3.1	3.0	7.1	7.3

表 3 格木群落主要树种高生态位宽度

Table 3 Dominant species coefficients of niche breadth in tree layers in *E. fordii* community

种 名	不同林冠层高树种个体数										生态位宽度	
	1995	2002	1995	2002	1995	2002	1995	2002	1995	2002	1995	2002
黄果厚壳桂	73	22	64	7	11	0	1	0	6	0	1.51	0.58
格木	8	4	5	7	3	2	7	8	32	33	1.11	1.14
鼎湖钓樟	22	7	36	12	9	0	0	0	0	0	0.96	0.51
厚壳桂	12	2	7	4	3	0	3	4	1	1	0.94	0.70
白颜树	2	2	2	3	7	7	3	0	0	0	0.75	0.54
小盘木	32	34	27	25	1	1	0	0	0	0	0.73	0.94
水石梓	9	6	10	10	3	2	1	0	0	0	0.72	0.77
锥栗	0	1	0	3	1	0	0	0	7	3	0.37	0.39
荷木	0	0	0	1	0	0	0	3	5	1	0.23	0.48

I层树高 0~3.0 m, II层树高 3.1~5.9 m, III层树高为 6.0~10.0 m, IV层树高为 10.1~15.0 m, V层树高为 >15.0 m。

显的改变(表 3)。由于降低了种间竞争强度,格木群落的生态位宽度略有增加,增加的还有锥栗和荷木。但是,格木种群的主要竞争者黄果厚壳桂的生态位宽度下降较大,从 1.51 降至 0.58,从而降低了黄果厚壳桂种群的竞争优势;其他竞争者鼎湖钓樟

和厚壳桂种群的生态位宽度也有不同程度的下降,这使格木种群的生态位宽度稳居群落首位。同时,可以看到,虫害使黄果厚壳桂从乔木层消失,幼树层数量仅为原先的 20%。

表 4 乔木层格木与主要树种生态位重叠

Table 4 The coefficients of niche overlap of *E. fordii* to other dominant species in tree layer

种名	黄果厚壳桂		鼎湖钓樟		厚壳桂		白颜树		小盘木	
	1995	2002	1995	2002	1995	2002	1995	2002	1995	2002
格木	0.67	0.12	0.52	0.10	0.67	0.86	0.44	0.51	0.60	0.35

由于黄果厚壳桂、厚壳桂、鼎湖钓樟是格木的竞争者,在没有受虫害严重干扰前,格木与黄果厚壳桂、厚壳桂种群和鼎湖钓樟生态位重叠度指数较高,分别为 0.67、0.67 和 0.52,表明格木与这些植物种利用的高空间资源相似,种间竞争程度高。但是虫害干扰使黄果厚壳桂和鼎湖钓樟与格木的生态位重叠度降低,释放空间资源,利于格木种群的发展。

3 小结

3.1 格木群落在正常自然条件下的演替趋势

根据对格木群落不同年龄结构分析,格木种群属衰退种群;黄果厚壳桂种群、鼎湖钓樟种群和厚壳桂种群是增长种群。在没有受外界大的干扰下,随着群落的发育,格木种群将受到相同生活型植物种

的竞争,黄果厚壳桂、厚壳桂种群将有替代格木的优势地位的趋势。

3.2 格木种群主要竞争者

通过对格木群落乔木层主要优势树种的生态位宽度和生态位重叠度分析,定量分析格木种群主要竞争者,结果是黄果厚壳桂种群与格木高生态位宽度相似,生态位高度重叠。由于生态位重叠是表明不同物种利用生态资源能力异同性一个指标,生态位重叠值越大,表明 2 个物种利用资源的能力越相似^[10],因此,黄果厚壳桂种群是格木种群的有力竞争者。

3.3 干扰对格木种群的影响

由于樟翠尺蛾幼虫的取食对象为樟科植物,在鼎湖山主要是厚壳桂、黄果厚壳桂、华润楠和鼎湖钓樟。虫害的干扰,降低了格木竞争种黄厚壳桂种群的数量,使黄果厚壳桂在群落的重要值从 27.9 降至 9.8,释放了空间资源。同时,格木种群的重要值从 59.9 增加至 70.5,生态位宽度从 1.11 增加到 1.14,都位于群落的首位,增强了格木种群的地位。

4 讨论

保护完整的生物群落是保护整个生物多样性最有效的方法^[11]。种群数量是评价保护成效最重要的指标。但是,生物群落是一个动态系统,演替是植物群落最基本的特征之一,群落演替总是伴随着植物种群的消长,优势种群的替换。在群落动态过程中,目的种群的发展趋势,种群的地位和功能及竞争者都将决定目的种群的数量。干扰可以改变群落演替的方向和进程,影响群落植物种群的组成和结构。适度的干扰在生物多样性保护中具有重要的意义^[12]。

在自然状态下,对目的格木种群的保护需要从群落生态学角度了解其在群落中的地位和动态趋势。蚁伟民等^[3]认为鼎湖山格木群落中,黄果厚壳桂种群、鼎湖钓樟种群是增长种群,格木种群是成熟种群。由于格木种群在幼树层缺乏足够的数量,随着时间的推移,其稳定状态将向衰退状态发展。格木生态学特征也表明了格木种群的发展趋势,中龄的格木如得不到充足的光照则成为被压木,因而格木群落中高 3 m 以上的格木幼树极少,相同生活型的物种对光资源的竞争是影响格木种群生存的重要生态因子^[2]。格木群落中,乔木层主要优势种黄果厚壳桂、鼎湖钓樟和厚壳桂是中性树种,而格木幼苗

虽耐荫,但中龄树喜光,随着中性常绿阔叶树的入侵并生长,使群落生境荫蔽度增加,阳性常绿阔叶林因更新困难而遭排挤^[13]。森林生态系统内,生物学特性和生态学特性比较相似的树种,表现出的高度生态位接近,其高度生态位重叠较大^[14]。在群落尺度下,根据格木种群发展趋势,定量分析该种群的竞争种群,采取适度的干扰,适时降低种间竞争,增加格木幼苗数量对格木种群的保护具有重要意义。从虫害的干扰对野生格木群落的组成影响分析,虫害干扰降低黄果厚壳桂、鼎湖钓樟种群数量,缓解了黄果厚壳桂、鼎湖钓樟种群对格木种群的竞争压力,加强了格木种群在格木群落中的第一优势种的地位。因此,在对格木群落动态发展规律的了解和格木在群落中的地位认识的基础上,配合科学的人工干扰措施,适时地降低竞争种群对格木种群的影响程度才可能积极有效地保护野生格木种群。

参考文献:

- [1] 王铸豪,何道泉,宋绍敦,等. 鼎湖山自然保护区的植被 [J]. 热带亚热带森林生态系统研究, 1982, (1): 77-141.
- [2] 黄忠良,郭贵仲,张祝平. 渐危植物格木的濒危机制及其繁殖特性的研究 [J]. 生态学报, 1997, 17(6): 671-676
- [3] 蚁伟民,曹洪麟,王伯荪,等. 鼎湖山格木群落的组成种类和结构特征 [J]. 热带亚热带植物学报, 1999, 7(1): 7-14.
- [4] 金明仕 J P(文剑平译). 森林生态学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [5] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京: 中国科学出版社, 1995.
- [6] 臧润国,刘涛. 吉林白石山林区过伐林的类型、乔木树种多样性及生态位分析 [J]. 北京林业大学学报, 1997, 17(1): 51-57.
- [7] 王伯荪,彭少麟. 鼎湖山森林群落分析 V. 线性演替系统与预测 [J]. 中山大学学报, 1985, (4): 75 - 80.
- [8] 王伯荪,马曼杰. 鼎湖山自然保护区森林群落的演变 [J]. 热带亚热带森林生态系统研究, 1982, (1): 142-156
- [9] 黄忠良. 樟翠尺蛾种群动态与植物群落结构及气候因子的关系 [J]. 生态学杂志, 2000, 19(3): 24-27.
- [10] Spies T A. Canopy gaps in Douglas fir forests of the Cascade Mountains [J]. Canadian Journal of Forest Research, 1990, 20: 649-658.
- [11] Richard P,季维智. 保护生物学基础 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [12] 刘艳红,赵惠勋. 干扰与物种多样性维持理论研究进展 [J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(4): 101-105.
- [13] 王伯荪,彭少麟. 鼎湖山森林优势种群数量动态 [J]. 生态学报, 1987, 7(3): 214-221.
- [14] 吴刚,梁秀英,张旭东,等. 长白山红松阔叶林主要树种高度生态位的研究 [J]. 应用生态学报, 1999, 10(3): 262-264.