doi: 10.11707/j.1001-7488.20140421

海南油楠的重要生物学特性及产油特征*

吴忠锋[1] 杨锦昌[1] 成铁龙[2] 尹光天[1] 许 涵[1] 刘志龙[3]

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520; 2. 中国林业科学研究院科技管理处 北京 100091;
3. 中国林业科学研究院热带林业实验中心 凭祥 532600)

关键词: 油楠; 资源分布; 产油特征; 种子大小; 结实习性

中图分类号: S718.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7488(2014)04-0144-08

Biological Characteristics and Oleoresin Production of *Sindora glabra* in Hainan Island

Wu Zhongfeng[1] Yang Jinchang[1] Cheng Tielong[2] Yin Guangtian[1] Xu Han[1] Liu Zhilong[3]

(1. *Research Institute of Tropical Forestry, CAF Guangzhou*, 510520; 2. *Division of Science & Technology, CAF Beijing* 10091;
3. *Experimental Center of Tropical Forestry, CAF Pingxiang* 532600)

Abstract: *Sindora glabra* belongs to genus *Sindora* of family Caesalpiniaceae and is one of Second Class Key Protected Wild Plants in China with multiple uses. In order to further understand its biological characteristics and promote the conservation and utilization of its resources, we investigated the germplasm resources, distribution habitat, community characteristics, seed characteristics, and growing habitat of seedlings and adult plants. The oleoresin production biology was studied by drilling trunk and regularly collecting the oleoresin. The results showed that *S. glabra* plants distributed mainly in an attitude range of 200-700 m downhill of the tropical lowland rain forest and the tropical ravine rain forest of Lingshui, Sanya, Wuzhishan, Ledong, Dongfang, Changjiang and Baisha. Most of them grew in yellow soil and laterite formed from granite without slope aspect preference. In the Jianfengling nature reserve *S. glabra* was scattered in the forest communities with the relative density of 0.43% and relative frequency of 0.87%. There was significant phenomenon of alternate bearing with mean fruiting period of 3.5 years. The average seed length, width, thickness and grain weight of *S. glabra* were 1.93 cm, 1.56 cm, 1.00 cm, 2.048 2 kg, respectively. Both seed size and grain weight were significantly different between populations and among individuals while the variation between populations was greater than that between individuals. Growth rate of one-year-old seedlings was less than 50 cm in height and about 0.50 cm in ground diameter, indicating the *S. glabra* seedlings grew slowly compared with other tropical tree species. Growth speed of adult plants varied in different introducing areas of *S. glabra* with annual increment range of 0.56-1.17 cm in DBH and 0.22-0.61 m in height, respectively. *S. glabra* in natural forests grew slightly slower with the DBH and height increment of 0.48 cm and 0.17 m per year compared with in introducing areas, however it had the moderate growth compared with other tropical tree species. The on-site oleoresin draining from perforated trunk was less than 20%, but the proportion from trunk perforated half year ago increased to more than 90%, suggesting that the perforation damage promoted oil-producing. The on-site oleoresin yield from perforated trunk varied dramatically among *S. glabra* individuals with the maximal yield of 46.57 L, and annual oleoresin yields fluctuated from less than 0.01 to 3.00 L among different individuals with the mean value of 0.55 L. The oleoresin yield increased with the diameter at breast height (DBH) from 0.23-1.08 L per tree with the peak value of 1.08 L in the DHB of 61-70 cm.

Key words: *Sindora glabra*; distribution of resources; oleoresin production biology; seed size; flowering habitat

收稿日期: 2013-07-30; 修回日期: 2013-11-20。

基金项目: 中国林业科学研究院基本科研业务费专项(CAFYBB2011005-8); 热林所基本科研业务费专项(RITFYWZX201206)。

* 杨锦昌为通讯作者。李意德研究员对本文提出宝贵修改意见,李荣生、施国政、万恒贤、贾瑞丰等同志参加野外调查和数据收集,谨致谢忱。

油楠（*Sindora glabra*）为苏木科（Caesalpiniaceae）油楠属（*Sindora*）植物，是国家二级重点保护野生植物（中国植物志，1988；中国重点野生植物名录，1999），具有油用、药用、观赏和材用等多种用途（杨锦昌等，2011a；Carvalho *et al.*，2005；韩剑准，2001）。鉴于油楠具有多种利用价值，有关加强油楠基础研究和促进油楠资源开发利用的呼吁越来越多（李荣生等，2006）。黄全（1981）较早描述了油楠在海南岛的天然分布范围及其产油特性；随后，陆碧瑶等（1982）研究分析了油楠树脂油的化学组分，郑万钧（1985）和吴德邻等（1988）记载了油楠植物形态特征、分布产地和植物生态类型；近年来，有关油楠自然分布范围、单株产油特性和树脂油理化特性的研究也逐步开展（何和明等，2001；杨锦昌等，2011a）。目前，虽有许多报刊论文报道油楠自然分布和产油特性等相关研究进展，但大多以综述性的探讨而真正进行一线的研究偏少（李荣生等，2006），造成人们对油楠生态生物学特性尤其是产油性状的了解相对比较匮乏，这在一定程度上限制了油楠种质资源保育与利用。作为重点保护野生植物，油楠目前在海南岛地理分布和群落特征、自然更新能力和植株生长速度等生物学特性有待于深入探讨；另一方面，分泌树脂油是油楠的重要特征之一，油楠单株产油量多少？产油特性是否与其他“苦配巴”（Copaiba）树一样受不同单株和不同环境等因素影响（Carvalho *et al.*，2005；Chen *et al.*，2009）而差异较大？生物学特性是植物保育的重要依据，也是资源开发利用的基础（武荣花等，2013）。为增进对油楠生物学特性的了解和丰富油楠基础研究，本文在总结和借鉴前人有关研究的基础上，通过开展野外资源分布调查、树干钻孔及树脂油定期收集研究，主要探讨油楠分布生境与群落特征、结实习性与种子萌生性状和植株生长特性，重点分析油楠产油生物学特性，旨在为保护和开发利用这种优良的植物资源提供科学依据。

1　研究方法

1.1　资源分布、生境与群落调查　通过查阅相关文献和确定主要分布区，在海南陵水、三亚、乐东、东方、昌江、保亭、五指山等地大面积踏查的基础上进行油楠资源分布与生境调查；踏查的区域集中于18°38′57″— 19°07′09″ N、108°30′44″—109°30′15″ E和海拔 150 ~900 m 的范围；踏查时利用 GPS 记录样株经纬度、海拔、坡位坡向、土壤母质和土壤类型，测量胸径、树高、冠幅，观察各植株的结实情况并对结实单株进行采种。群落调查在海南尖峰岭沿 259 ~1 265 m 海拔梯度共设置 164 块 25 m×25 m 的样地，从中筛选出 13 个具有油楠分布的样地进行分析，具体方法见文献所述（吴裕鹏等，2013）。

1.2　结实习性观测　在尖峰岭、霸王岭和吊罗山天然分布区选择生长健壮、有代表性、胸径 18 cm 以上的油楠单株 60 株进行连续 5 年的结实习性定株观测，采用望远镜或肉眼观察结实株数及结实量；其中，结果枝少于冠层总枝数的 1/3 为少量结实，1/3 以上的为大量结实。

1.3　种子生长性状　在陵水、乐东、白沙和五指山地区共选择 7 个油楠优良单株，从每个单株中随机选出 30 个成熟荚果用来测量长度和宽度。在海南主要分布区采集 61 株油楠的种子，其中陵水、乐东、东方、昌江、白沙和五指山采集的株数分别 4，13，13，23，3 和 5 个，去除种蒂后，采用千分尺测量种子长度、宽度和厚度，4 次重复，每个重复 30 粒；千粒质量采用百分粒法测定，8 次重复。

1.4　植株生长特性　种子预处理后，在广州热林所苗圃（113°54′ E，23°30′ N）采用袋苗培育法培育油楠实生苗，在种子发芽并长出第一片真叶后，移入营养袋，量测移袋 1 年后苗木的生长量。在海南尖峰岭热带树木园和广州热林所分别量测 39 年和 23 年油楠引种植株的胸径和树高，福建厦门油楠引种生长情况引自沈德炎（2003）的研究数据；在尖峰岭林区采用进口生长锥（内径 5 mm）钻取野生油楠单株基部由树皮至髓心的完整木芯，将其带回室内进行年龄判定；为提高年龄判读的精度，先在尖峰岭热带树木园钻取已知年龄的 3 株油楠树，取木芯后进行判别，之后再对所取样条进行年轮数判读，以此分析油楠生长速度。

1.5　产油生物学特性　在海南尖峰岭选定 60 个单株进行树干钻孔和 40 个产油单株进行定期收集树脂油。采用直径 2.0 cm 的螺丝钻在树干基部下坡方向钻一孔，孔的深度约为基部直径的一半；钻孔后，将 PVC 管弯通一侧封住树干孔嘴，然后再用一定长度的软管将 PVC 管弯通一侧和橡胶塞中的 PVC 管连接起来，最后将橡胶塞封住塑料瓶瓶口；同时对油楠单株进行编号，收集现场出油量和钻孔之后每月的树脂油产量，以分析现场产油和钻孔后半年产油单株数量、理论产油量和年产油量，其中理论产油量为基部断面积与钻孔横截面积之比再乘以现场出油量，其计算公式如下：

$$Y = \frac{\pi \times D_0^2}{4 \times d \times l} \times y, \qquad (1)$$

式中：Y 为理论产油量，D_0 为基部直径；d 为钻孔直径；l 为钻孔深度；y 为现场出油量。

1.6 数据处理与分析

采用 Excel 2003 软件进行油楠生境分布数据分析和制图；参照中生型树木的材积模型 $V = 1.809\ 48 \times 10^{-4} D^{2.417\ 860\ 94}$（蒋有绪等，1991）求算各样地油楠蓄积量，式中 V 为单株材积（m^3），D 为树木胸径（cm）；结实周期计算公式为指定时间内观测油楠总株次/结实总株次；油楠种子群体与个体间大小与千粒质量差异采用软件 SPSS19.0 进行方差分析及 Ducan 多重比较。

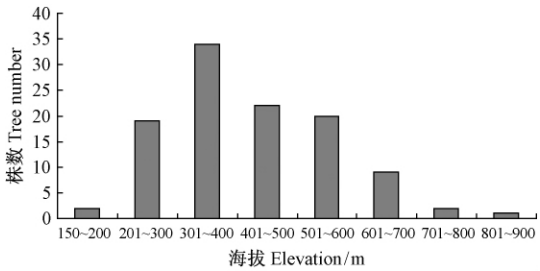

图 1 不同海拔油楠分布

Fig. 1 Distribution of *S. glabra* in different elevation

2 结果与分析

2.1 资源分布、生境与群落特征 1）分布范围和生境 经调查，油楠在海南陵水、三亚、五指山、乐东、东方、昌江和白沙等地均有原生分布；海南乐东尖峰岭、昌江霸王岭、陵水吊罗山和五指山为主要分布区，常与青皮（*Vatica mangachapoi*）、细子龙（*Amesiodendron chinense*）、海南紫荆木（*Madhuca hainanensis*）、野生荔枝（*Litch chinensis*）、厚壳桂（*Cryptocarya chinensis*）、橄榄（*Canarium album*）、蝴蝶树（*Heritiera parvifolia*）和油丹（*Alseodaphne hainanensis*）等树种混生，并常见混交林分上层。

油楠主要分布于海拔 200～700 m 的热带低地雨林和沟谷雨林的中下坡（图 1，2），对坡向无明显要求（见图 3）；但绝大多数生长于花岗岩发育形成的山地黄壤和砖红壤，偶见于砂页岩和石灰岩发育形成的砖红壤（见表 1）。

2）群落特征 基于样方调查数据，对油楠资源分布和群落特征进行分析（见表 2）。结果表明：油楠所处的群落物种丰富，其在群落中呈零星分布，相对密度为 0.43%，相对频度为 0.87%；在面积 10.25 hm^2 样方范围内，油楠平均每公顷个体数为 2.4 株。

表 1 不同母岩和土壤种类油楠分布情况

Tab. 1 Distribution of *S. glabra* in different mother rock and soil type

母岩 Mother rock	土壤种类 Soil type	株数 Tree number	所占百分比 Percentage（%）
花岗岩 Granite	黄壤 Yellow soil	9	8.26
	砖红壤 Laterite	95	87.16
砂页岩 Sandstone and shale	砖红壤 Laterite	4	3.67
石灰岩 Limestone	砖红壤 Laterite	1	0.92
合 计 Total		109	100

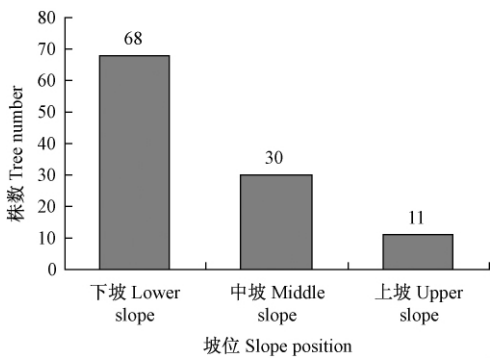

图 2 不同坡位油楠分布情况

Fig. 2 Distribution of *S. glabra* in different slope position

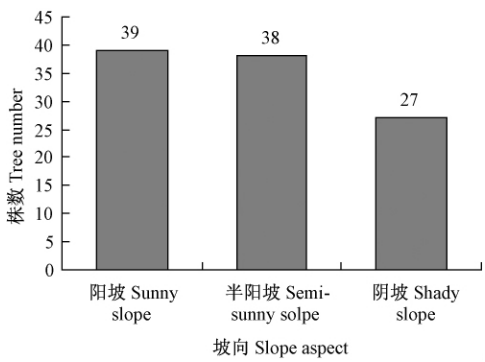

图 3 不同坡向油楠分布情况

Fig. 3 Distribution of *S. glabra* in different slope aspect

表 2　海南尖峰岭不同样地油楠群落分布特征①

Tab. 2　Distribution characteristic of *S. glabra* in different sampling plots in Jianfengling nature reserve

样地号 Plots number	海拔 Elevation/m	株数 Tree number	相对密度 Relative density(%)	平均胸径 Mean DBH/cm	平均树高 Mean height/m	蓄积量 Volume/m^3	物种数 Species number	总株数 Total tree number
49	506	2	0.67	9.3	9.2	0.141 4	48	298
51	627	1	0.26	9.8	6	0.045 1	70	389
52	583	1	0.53	56.0	20	3.051 4	43	189
74	427	2	0.49	2.35	3.6	0.003 1	50	406
98	419	6	1.37	3.35	4.8	0.035 7	69	438
101	302	2	0.39	9.4	6.7	0.164 8	68	508
112	448	1	0.29	2.5	4.5	0.001 7	61	342
114	409	1	0.32	2.2	4.5	0.001 2	91	310
151	291	1	0.15	2.8	4.8	0.002 2	67	648
156	261	1	0.18	21.9	13	0.315 2	52	550
158	259	4	0.43	2.8	4	0.015 9	73	921
161	881	2	0.35	8.4	8.2	0.115 9	103	574
1	869	1	0.43	1.9	3.2	0.000 9	82	234
合计 Total		25	0.43	10.2	7.2	3.894 4	877	5 807

①样地大小：25 m×25 m。Plots size: 25m×25m. 相对密度 = 油楠株数/样地总株数。Relative density = tree number of *S glabra*/total tree number.

2.2　植物学特征　大乔木，高 20～30 m，胸径 1 m 以上，树干挺拔，树皮近灰白色或灰褐色、平滑，偶有暗褐色或黑色、粗糙。偶数羽状复叶，小叶 2～4 对；小叶对生而微偏斜，革质，椭圆形或长椭圆形，长 5～10 cm，宽 2.5～5 cm，先端急尖或骤尖，基部钝形或圆，无毛；花期为 4—6 月，花排成顶生的圆锥花序，长 15～20 cm，密被黄色毛；花较小，两性；萼片 4 片，两片合生，最上面的阔卵形，其他 3 片椭圆状披针形，长约 7～8 mm，外面密生黄棕色绒毛，常有软刺（吴德邻等，1988；郑万钧，1985）。荚果成熟期为 8—10 月，扁平，斜圆形至近椭圆形，长 4～13.5 cm，宽 3.8～6.6 cm；成熟的荚果为棕色或黄褐色、稍开裂，过熟的荚果为黑褐色或黑色、完全开裂；果瓣坚硬，有散生、短直硬刺，很少无刺，刺顶端有白色树脂；种子 1～6 颗。

2.3　结实特性　由表 3 可知，2006 年和 2009 年油楠结实株数较少，未结实株数占总株数的 80% 以上；2007 和 2010 年总体上结实较多，结实率分别为 37% 和 28%；2008 年则大量结实，结实率高达 43%。不同群体，其结实情况也有所差异：昌江结实率偏高，且以大量结实为主；乐东结实率次之，大量结实与少量结实比例相当；而陵水结实率偏低且全部为大量结实。由 5 年观测时间内的油楠结实周期可看出，昌江和乐东油楠结实周期比较接近，分别为 3.3 年和 3.5 年，而陵水高达 5.0 年，明显高于昌江和乐东，这可能与观测株数偏少和油楠树体偏大有关。总体上，油楠结实大小年非常明显，平均结实周期约为 3.5 年。

表 3　不同年度油楠结实情况

Tab. 3　Fruiting status of *S. glabra* in different years

群体 Population	株数 Tree number	胸径 DBH /cm			结实类型 Fruiting type	株数 Tree number						结实周期 Fruiting period /a
		最小值 Min.	平均值 Aver.	最大值 Max.		2006	2007	2008	2009	2010	合计 Total	
昌江 Changjiang	28	18.6	52.8	99	大量 Large	3	6	9	3	6	27	3.3
					少量 Small	1	7	1	2	4	15	
					无 None	24	15	18	23	18	98	
乐东 Ledong	27	31.4	45.9	100	大量 Large	2	3	8	1	3	17	3.6
					少量 Small	4	6	6	3	2	21	
					无 None	21	18	13	23	22	97	
陵水 Lingshui	5	45	65.6	80	大量 Large	1	0	2	0	2	5	5.0
					少量 Small	0	0	0	0	0	0	
					无 None	4	5	3	5	3	20	
总计 Total	60				大量 Large	6	9	19	4	11	49	
					少量 Small	5	13	7	5	6	36	
					无 None	49	38	34	51	43	215	

表 4 油楠种子大小与千粒质量的方差分析①

Tab. 4 Variance analysis of seed size and 1 000-grain weight of *S. glabra*

变异来源 Source of variation	自由度 df	*F* 值 *F* value			
		长度 Length	宽度 Width	厚度 Thickness	千粒质量 Grain mass
群体间 Between populations	5	22.832**	21.683**	26.484**	34.255**
群体内 Inside populations	60	32.176**	14.710**	37.371**	68.350**

① **：α = 0.01.

2.4 种子生长性状 白沙、乐东、陵水和五指山 2 个优良单株的荚果长度和宽度在不同单株间无显著差异，油楠荚果长度最小值、平均值和最大值为 5.7，9.1，13.5 cm，荚果宽度的最小值、平均值和最大值分别为 4.2，5.5，6.6 cm（图 4）。

6 个群体油楠种子大小与千粒质量的研究结果表明：种子大小与千粒质量在不同群体间和群体内均存在显著变异，群体内的变异总体上大于群体间的变异（表 4）；昌江、五指山和白沙的种子较大且饱满、千粒质量也较大，而乐东、东方和陵水的种子较小且轻（图 5）；所有种子长度、宽度、厚度和千粒质量分别平均为 1.93 cm，1.56 cm，1.00 cm 和 2.048 2 kg。

2.5 植株生长特性 在广州热林所采用点播遮阳、沙播遮阳和沙播全光 3 种育苗方式所培育的 1 年生油楠苗木高度分别为 43，45，46 cm，地径分别为 0.48，0.51 和 0.52 cm（杨锦昌等，2011b）；根据吴菊英（1983）对热带树种苗木生长的研究，可将 1 年生苗分为 3 类：第 1 类是平均高超过 100 cm 的速生型树种，第 2 类是平均高在 50 ~ 100 cm 的中生型树种，第 3 类是平均高小于 50 cm 的慢生型树种；据此标准判断，油楠苗期生长在热带树种中属于慢生型。

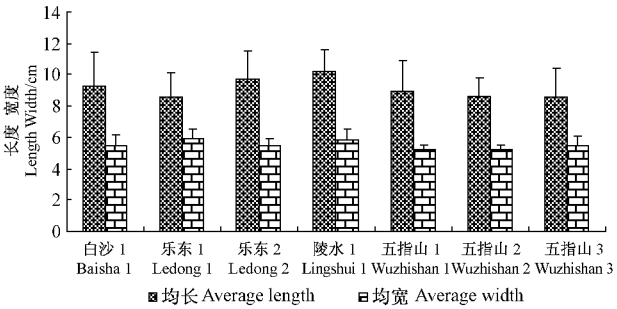

图 4 不同油楠单株荚果长度和宽度

Fig. 4 Length and width of legume of different individual

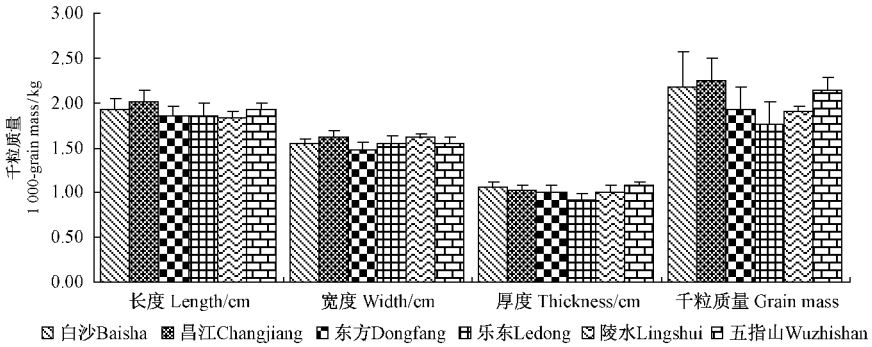

图 5 油楠不同群体间种子大小与千粒质量的变异

Fig. 5 Variation of seed size and 1 000-grain mass among populations of *S. glabra*

引种栽培的油楠成年植株其生长因引种地点和年龄而异：广州种植的生长最快，胸径和树高年均生长量分别高达 1.17 cm 和 0.61 m，海南乐东次之，而福建厦门最低，胸径和树高年均生长量分别为 0.56 cm 和 0.22 m。与引种栽培相比，在海南乐东天然分布的油楠生长较为缓慢，胸径和树高年均生长量分别为 0.48 cm 和 0.17 m。据李善淇（1988）对热带天然林主要树种生长过程的研究结果，油楠生长属于中生型。

2.6 产油生物学特性 分泌树脂油是油楠最重要特征之一。由图 6 可知，现场钻孔出油的单株数量为 9 株，占总株数的 15%，不出油单株数量为 51 株，占总数的 85%；钻孔后半年最终出油单株数量为 55 株，占总株数的 92%，而不出油单株数量为 5 株，占总数的 8%。油楠单株在现场钻孔后半年绝大多数能出油，表明了一定强度的钻孔损伤有利于油楠树脂油的形成和渗出。

选择现场钻孔出油的 3 个单株，大致代表产油量的高、中和低水平，以此分析不同油楠单株理论产油量（树木伐倒后一次能收获的树脂油产量）。钻孔时现场出油最高为 0.65 L，中等为 0.10 L，最低为 0.04 L，理论产油量分别为 46.57，6.99，2.24 L（表

6)；不同油楠单株现场出油量差异悬殊，表明选择产油量高的优良单株具有很大的潜力。

表 5　不同起源和地点油楠植株生长情况

Tab. 5　Growth of *S. glabra* from different origin and site

起源 Origin	地点 Site	株数 Tree Number	年龄 Age/a	胸径 DBH /cm			树高 Height /m		
				平均值 Ave.	最大值 Max.	年均生长量 Annual increment	平均值 Ave.	最大值 Max.	年均生长量 Annual increment
人工 Planted	海南乐东 Ledong, Hainan	22	39	25.0	39.7	0.64	14.9	22.0	0.38
	广东广州 Guangzhou, Guangdong	4	23	27.0	36.5	1.17	14.0	19	0.61
	福建厦门 Xiamen, Fujian	20	25	14.1	18.0	0.56	5.6	6	0.22
天然 Natural	海南乐东 Ledong, Hainan	60	48 ~ 230	56.7	96.0	0.48	17.2	26.5	0.17

表 6　油楠不同单株现场钻孔产油量和理论产油量

Tab. 6　Oleoresin yield on site and theoretical oleoresin yield of different individual of *S. glabra*

孔直径 Hole diameter/cm	孔长度 Hole length/cm	孔截面积 Hole sectional area /cm^2	产油量 Oleoresin yield/L	基部直径 Basal diameter/cm	基部断面积 Basal area/cm^2	理论产油量 Theoretical oleoresin yield/L
2	30	60	0.65	74.0	4 299	46.57
2	42	84	0.10	86.5	5 874	6.99
2	40	80	0.04	75.6	4 487	2.24

对 40 个产油的单株进行了树脂油定期收集，探讨不同单株间树脂油年产量的变化规律，研究结果表明：不同单株树脂油产量产生剧烈波动，从不足 0.01 L 到 3.00 L 不等；树脂油年产量不超过 0.20 L 的单株占总株数的 45%，年产油量 1.00 ~ 2.00 L 的占 20%，产油量高于 2.00 L 的仅占 8%（图 7）。总体上，油楠树脂油年产量在不同单株间分化明显，其平均树脂油年产量为 0.55 L。

不同胸径级间树脂油年均产量差异悬殊，其变化幅度为 0.23 ~ 1.08 L•株$^{-1}$；对于同一径级，产油量变异系数均超过 80%，其中径级 41 ~ 50 cm 的变异系数高达 151%，表明了单株间树脂油产量波动剧烈。总体上，平均产油量随着径级的增大呈单峰曲线变化，并在径级 61 ~ 70 cm 时达到峰值。

表 7　树脂油年产量在不同径级间的变化

Tab. 7　Change in annual oleoresin production among DBH class

径级 DBH class/cm	株数 Tree number	年均产油量 Mean production/(L•a^{-1})	变异系数 CV(%)
30 ~ 40	7	0.40	116
41 ~ 50	12	0.23	151
51 ~ 60	5	0.24	84
61 ~ 70	12	1.08	89
71 ~ 80	4	0.63	94

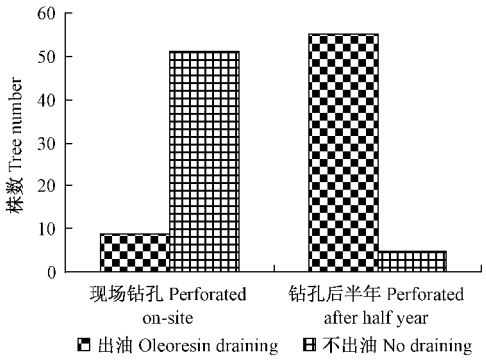

图 6　出油单株所占比例

Fig. 6　Proportion of oleoresin draining from tree

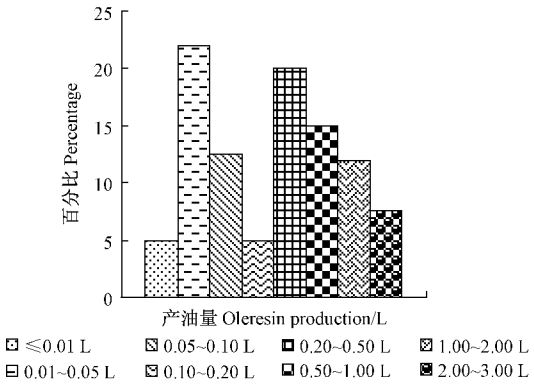

图 7　树脂油年产量在单株间的变化

Fig. 7　Change in annual oleoresin production among individuals

3 讨论

据《中国树木志》(第 2 卷)记载,油楠产于海南儋州、屯昌、白沙、昌江、东方、乐东、保亭、陵水、三亚和西沙群岛(郑万钧,1985),而最近研究则认为油楠在我国仅分布于乐东、东方、三亚、陵水、昌江和白沙等地(何和明,2001),本次调查所确定的分布范围与何和明(2001)的研究结果基本一致,但与《中国树木志》(第 2 卷)和黄全(1981)的描述有一些出入。何和明(2001)的调查和本研究均未在保亭、儋州、屯昌发现油楠的天然分布,但本研究在五指山发现了油楠的野生资源,且经查阅文献发现万宁县铜铁岭也有自然生长(邢福武等,2003)。据此推断,可将海南乐东、东方、昌江、白沙、五指山、陵水、三亚以及万宁划分为油楠分布区;而保亭、儋州和屯昌等地尚未发现有野生资源,这可能是油楠在这些地区原生分布较少,加之在海南省天保工程实施之前森林资源日遭破坏,从而导致油楠资源急剧减少甚至绝灭有关,可将该区域列为油楠潜在分布区。尖峰岭保护区油楠种群密度为 2.4 株·hm^{-2},按照 Hubbell 等(1986)的定义,每公顷个体数≤1 的物种为稀有种,每公顷个体数大于 1 的物种则为常见种,以此评价,油楠为尖峰岭保护区森林群落中的常见种。胸径 10 cm 以上的成年植株仅分布在 6 个样地且株数均为 1 株,表明了油楠种群分布数量少,在群落中呈零星分布(李意德等,2006);而胸径低于 5 cm 的个体数量为 16 株,每公顷幼树分布密度约 20 株,这与热带树种青皮(*Vatica mangachapoi*)幼苗数量每公顷不低于11 150株有较大差距,反映了油楠幼树数量少和林下天然更新的能力偏差,这可能是导致其濒危原因之一(戴志聪等,2008)。

荚果外部形态特征是油楠属分类的重要依据(吴德邻等,1988);本研究发现油楠荚果外部存在带刺和无刺 2 种变异且荚果内种子数为 1 ~6 粒,但绝大多数荚果外面有散生的硬直刺且分泌白色树脂。《中国植物志》(第 39 卷)在编制油楠属分种检索表中主要根据荚果外部是否带刺和荚果内的种子数分为油楠(有刺,种子 1 粒)和东京油楠(无刺,种子 2 ~5 粒)2 种。然而,东京油楠在我国海南没有天然分布的记载或描述(郑万钧,1985;吴德邻等,1988)。此外,本调查也发现油楠树皮有近灰白色、灰褐色、暗褐色或黑色等颜色,树皮粗糙、平滑、或深纵列不等。这些有关荚果和树皮的形态特征与《中国植物志》和《中国树木志》对油楠相关描述存在较大的差异,表明油楠不同单株其荚果性状和树皮特征变异很大或者海南岛也可能天然分布油楠属的 2 种植物。为此,有待开展海南岛油楠属树种的分子测序和表型遗传变异的研究,以确定油楠属在海南分布的种数、生态类型(郑万钧,1985)及其表型多样性水平。

分泌树脂油是油楠最重要特征之一,也是人们关注的重点,然而其产油特性往往表述不一(李荣生等,2006),如“一般树高 12 ~15 m、胸径 40 ~50 cm 的树伐倒后可产油 10 ~25 kg,甚至 50 kg 以上”(黄全,1981)、“在树干钻孔或凿洞至其贮油部位时,油则自行流出,单株一次产油高可达3.5 kg,但也有产油 1 kg 以下者”(陆碧瑶等,1982)、“…吊罗山产的油楠(3.0 ~4.0 kg) > 兴峰岭产的油楠(3.2 ~3.8 kg·株$^{-1}$) > 西方岭产的油楠(2.0 ~2.6 kg)”(何和明等,2001)。造成了人们对油楠产油生物学理解的偏差,这主要与描述产油特性时未明确研究对象、观测时间、采集方式以及取样数量偏少有关。本研究通过不同油楠单株进行树干钻孔、定期收油和理论产油量的分析,表明了油楠产油量在不同条件下从 0 ~46 L 皆有可能,其变动范围与众多学者描述产油量的分布区间大致相同;另一方面,树脂油产量因不同单株和胸径大小而产生剧烈波动,表明了产油性状在个体间变异大,意味着要充分了解产油生物学特性,钻孔取样的数量必须足够大(Plowden,2003)。而国内以往油楠产油特性的研究中,往往取样偏少或未明确具体的研究对象,这在一定程度上导致了人们对产油性状缺乏足够了解。不同条件下树脂油产量差异悬殊暗示了不同生境、单株大小和采集方式可能对产油量产生重要影响(Lameira *et al.*, 2009;何和明等,2001;Medeiros *et al.*, 2008;杨锦昌等,2011a)。油楠定期收集表明,树脂油产量与径级大致呈单峰曲线变化,这与国外学者对香脂木属(*Copaifera* sp.)的一些树种产油特性的研究结果较为相似(Medeiros *et al.*, 2008;Plowden,2003);树木胸径大但产油量和可持续性未必高的特性已逐步获得共识(Cason *et al.*, 2000;Zoghbi *et al.* 2007;Lameira *et al.*, 2009)。因而,在不同分布区根据树体大小选定产油量高的单株辅以适宜的采集方式对于可持续采集利用油楠树脂油至关重要。在了解油楠生物学特性的基础上,可利用树皮颜色变化多样和荚果形态分化明显等特征,通过借鉴一些研究成果如树皮外观性状对目的性状的指征作用(贠慧玲等,2012),将易于观测辨别的形态特征与产油性状进行相关分析,以便找出对油楠产油特性具有指示作用的表型特征,从而为今后油

楠产油单株的选择和优良育种材料的繁育提供参考。

参 考 文 献

戴志聪，钟琼芯，司春灿，等. 2008. 濒危植物青皮（*Vatica mangachapoi*）的濒危机理及保育生态学研究进展. 海南师范大学学报：自然科学版，21（1）：82－86.

国家林业局，农业部. 1999. 国家重点保护野生植物名录（第一批）.

韩剑准. 2001. 海南树木奇观. 北京：中国林业出版社，62.

郝清玉，王　贵，吕　冰，等. 2012. 海南岛不同海拔高度青皮林天然更新特征. 林业资源管理，（5）：39－45，58.

何和明，吴燕丽. 2001. 海南岛泌油植物——油楠. 特种经济动植物，4（4）：36，39.

黄　全. 1981. 海南岛的油楠. 林业科技通讯，（10）：21.

蒋有绪，卢俊培. 1991. 中国海南岛尖峰岭热带林生态系统. 北京：科学出版社，100－129.

李荣生，尹光天，杨锦昌，等. 2006. 油楠作为能源植物开发利用的思考. 生物质化学工程，40（z1）：161－164.

李善淇. 1988. 海南岛尖峰岭热带天然林主要树种生长过程的探讨. 林业科学研究，1（2）：169－178.

李意德，方　洪，罗　文，等. 2006. 海南尖峰岭国家级保护区青皮林资源与乔木层群落学特征，林业科学，42（1）：1－6.

陆碧瑶，李毓敬，麦浪天，等. 1982. 油楠油挥发成分的研究. 林产化学与工业，（1）：26－30.

沈德炎. 2003. 闽南山地树木引种与适宜用材树种选择研究. 福建林业科技，30（3）：26－30.

吴德邻，陈帮余，卫兆芬，等. 1988. 中国植物志：豆科（第 39 卷）（1）. 北京：科学出版社，214－216.

吴菊英. 1983. 海南热带树种苗木生长过程观察报告. 热带林业科技，（1）：11－23.

吴裕鹏，许　涵，李意德，等. 2013. 海南尖峰岭热带林乔灌木层物种多样性沿海拔梯度分布格局. 林业科学，49（4）：16－23.

武荣花，张晓兜. 2013. 兰属植物繁殖生物学研究进展. 河南农业科学，42（4）：6－10.

邢福武，陈红锋，严岳鸿，等. 2003. 海南铜铁岭种子植物资源调查. 植物资源与环境学报，12（4）：43－48.

杨锦昌，尹光天，吴仲民，等. 2011a. 海南尖峰岭油楠树脂油的主要理化特性. 林业科学，47（9）：21－27.

杨锦昌，尹光天，李荣生，等. 2011b. 油楠实生苗培育试验研究. 林业实用技术，（10）：29－30.

贠慧玲，王军辉，张宋智，等. 2012. 楸树无性系表型识别特征与遗传变异. 东北林业大学学报，40（2）：34－38.

郑万钧. 1985. 中国树木志（第二卷）. 北京：中国林业出版社，1218－1219.

Carvalho J C T，Cascon V，Possebon L S，*et al*. 2005. Topical antiinflammatory and analgesic activities of *Copaifera duckei* Dwyer. Phytother Research，19（11）：946－950.

Lameira O A，Martins-da-Silva R C V，Zoghbi M G B，*et al*. 2009. Seasonal variation in the volatiles of *Copaifera duckei* Dwyer growing wild in the state of Para，Brazil. Journal of Essential Oil Research，21（2）：105－107.

Medeiros R，Vieira G. 2008. Sustainability of extraction and production of copaiba（*Copaifera multijuga* Hayne）oleoresin in Manaus，AM，Brazil. Forest Ecology and Management，256（3）：282－288.

Plowden C. 2003. Production ecology of copaiba（*Copaifera* spp.）oleoresin in the eastern Brazilian Amazon. Economic Botany，57（4）：491－501.

Zoghbi M G B，Lameira O A，Oliveira E. 2007. Seasonal variation of oleoresin and volatiles from *Copaifera martii* Hayne growing wild in the state of Para，Brazil. Journal of Essential oil research 19（6）：504－506.

Chen F，Ahmad A H，Joyce B. 2009. Within-plant distribution and emission of sesquiterpenes from Copaifera officinalis. Plant Physiology and Biochemistry，47（11/12），1017－1023.

Hubbell S P，Foster R B. 1986. Commonness and rarity in a neotropical forest：implications for tropical tree conservation // Soulé M. Conservation biology：science of scarcity and diversity. Sunderland，Massachusetts：Sinauer Associates，205－231.

（责任编辑　郭广荣）