

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: 21620111152364

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

石斑木属（蔷薇科）植物分类学研究

Taxonomic study on the genus *Rhaphiolepis* (Rosaceae)

李燕飞

指导教师姓名: 侯学良 副教授

专业名称: 植 物 学

论文提交日期: 2014 年 04 月

论文答辩时间: 2014 年 05 月

学位授予日期: 2014 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2014 年 05 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	II
第 1 章 引 言	1
1.1 石斑木属植物分类学研究.....	1
1.1.1 分类简史.....	1
1.1.2 分类中存在的问题.....	2
1.2 石斑木属植物实验分类学研究现状.....	3
1.2.1 木材解剖学研究.....	3
1.2.2 叶表皮微形态研究.....	4
1.2.3 花粉形态研究.....	4
1.2.4 细胞学研究.....	4
1.2.5 分子系统学研究.....	4
1.3 石斑木属植物资源利用价值.....	5
1.3.1 经济价值.....	5
1.3.2 观赏价值.....	5
1.4 研究目的与意义.....	5
第 2 章 石斑木属植物叶表皮微形态研究	6
2.1 材料和方法	6
2.1.1 实验材料.....	6
2.1.2 实验方法.....	8
2.2 观察结果.....	8
2.2.1 光学显微镜下的叶表皮特征.....	8
2.2.2 扫描电镜下的叶表皮特征.....	10
2.3 讨论.....	12
2.4 结论.....	13
第 3 章 石斑木属植物花粉形态研究.....	20

3.1 材料和方法	20
3.1.1 实验材料.....	20
3.1.2 实验方法.....	20
3.2 实验结果	22
3.2.1 光学显微镜下的花粉形态.....	22
3.2.2 扫描电子显微镜下的花粉形态.....	22
3.3 讨论	24
3.4 结论	25
第 4 章 石斑木属植物分子系统学研究	30
4.1 材料与方法	31
4.1.1 实验材料.....	31
4.1.2 实验方法.....	33
4.2 研究结果	36
4.2.1 <i>matK</i> 序列分析结果.....	36
4.2.2 <i>psbA-trnH</i> 序列分析结果	38
4.2.3 <i>trnL-F</i> 序列分析结果.....	40
4.2.4 合并序列的分析结果.....	41
4.3 讨论	43
4.3.1 石斑木属植物 DNA 提取方法改进.....	43
4.3.2 cpDNA 在石斑木属植物中具有较低的序列分化	44
4.3.3 cpDNA 序列在石斑木属植物系统学研究中的价值	44
4.4 结论	45
第 5 章 石斑木属分类学修订	47
5.1 石斑木属植物的形态性状及其分类学价值	47
5.1.1 生活习性.....	47
5.1.2 幼枝和幼叶.....	47
5.1.3 叶.....	48
5.1.4 花.....	49
5.1.5 果实.....	49

5.1.6 种子.....	50
5.2 石斑木属分类学修订.....	50
参考文献	77
致 谢.....	81
附 录.....	82

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Content

Abstract (in Chinese)	I
Abstract.....	II
Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Taxonomy of <i>Rhaphiolepis</i>	1
1.1.1 Taxonomic history.....	1
1.1.2 Existing problems	2
1.2 Experimental research actuality of <i>Rhaphiolepis</i>	3
1.2.1 Xylotomic studies	3
1.2.2 Leaf epidermal micromorphological studies	4
1.2.3 Studies on Pollen morphology	4
1.2.4 Cytological studies.....	4
1.2.5 Molecular phylogenetic studies	4
1.3 The value of <i>Rhaphiolepis</i>	5
1.3.1 Economic value.....	5
1.3.2 Ornamental value	5
1.4 Purpose and significance of this study.....	5
Chapter 2 Leaf epidermal micromorphological study of <i>Rhaphiolepis</i>	
.....	6
2.1 Materials and methods.....	6
2.1.1 Experimental materials	6
2.1.2 Experimental methods	8
2.2 Experimental results	8
2.2.1 The characters of leaf epidermis under the light microscope	8
2.2.2 The characters of leaf epidermis under scanning electron microscope	10
2.3 Discussion	12
2.4 Conclusion.....	13

Chapter 3 Study on pollen morphology in <i>Rhaphiolepis</i>.....	20
3.1 Materials and methods.....	20
3.1.1 Experimental materials	20
3.1.2 Experimental methods	20
3.2 Experimental results	22
3.2.1 Pollen morphology under the light microscope	22
3.2.2 Pollen morphology under scanning electron microscope	22
3.3 Discussion	24
3.4 Conclusion.....	25
Chapter 4 Molecular phylogenetic study of <i>Rhaphiolepis</i>.....	30
4.1 Materials and methods.....	31
4.1.1 Experimental materials	31
4.1.2 Experimental methods	33
4.2 Experimental results	36
4.2.1 Analyses of <i>matK</i>	36
4.2.2 Analyses of <i>psbA-trnH</i>	38
4.2.3 Analyses of <i>trnL-F</i>	40
4.2.4 Analyses of the combined regions	41
4.3 Discussion	43
4.3.1 Improvement for DNA extraction of <i>Rhaphiolepis</i>	43
4.3.2 The low difference of chloroplast DNA in <i>Rhaphiolepis</i>	44
4.3.3 The value of chloroplast DNA in the molecular phylogenetic study of <i>Rhaphiolepis</i>	44
4.4 Conclusion.....	45
Chapter 5 The revision of <i>Rhaphiolepis</i>	47
5.1 morphological characters and their taxonomic value in <i>Rhaphiolepis</i>.....	47
5.1.1 Habit of <i>Rhaphiolepis</i>	47
5.1.2 Tender branches and young leaves of <i>Rhaphiolepis</i>	47
5.1.3 Leaves of <i>Rhaphiolepis</i>	48

5.1.4 Flowers of <i>Rhaphiolepis</i>	49
5.1.5 Fruits of <i>Rhaphiolepis</i>	49
5.1.6 Seeds of <i>Rhaphiolepis</i>	50
5.2 The revision of <i>Rhaphiolepis</i>	50
Reference.....	77
Acknowledgement	81
Appendix.....	82

厦门大学博硕士学位论文摘要

摘要

石斑木属(*Rhaphiolepis* Lindl.)隶属于蔷薇科(Rosaceae)苹果亚科(Maloideae),全世界约有 15 种,分布于东亚及东南亚地区。该属虽然不大,但约半数种存在分类问题,且缺乏全面修订。本研究综合形态学、叶表皮微形态、花粉形态以及分子系统学证据,首次对世界石斑木属植物开展了全面的分类学修订。

对该属 8 种植物的叶表皮微形态进行了研究。在光学显微镜下叶片上表皮细胞可将石斑木属植物分为三类:(1)细胞多边形,垂周壁平直;(2)细胞多边形,垂周壁平直—弓形;(3)细胞不规则形,垂周壁浅波状或深波状。在扫描电镜下,叶片下表皮角质层纹饰包括脊状突起、皱褶状和脊状—条纹状 3 种类型。气孔器均分布在下表皮,包含多种类型,其形状、大小及外拱盖特征存在种间差异。因此,叶表皮微形态特征可为石斑木属的种间划分提供重要的证据。

对该属 7 种植物的花粉形态进行了研究。石斑木属植物的花粉均为单粒状,近球形或长球形,具 3 孔沟,花粉外壁具网状、条纹和条纹—穴状纹饰。外壁纹饰的差异对该属各分类群的划分及系统演化研究具有一定的意义。

分子系统学方面,通过对该属 6 种植物的三个叶绿体基因(*matK*、*psbA-trnH* 和 *trnL-F*)的分子系统发育分析,发现石斑木属为一个自然的单系类群。但由于叶绿体基因所包含的信息位点太少,导致石斑木属种间关系没有得到很好的解决。

本研究通过文献考证、标本研究和野外居群观察,以及综合上述实验证据,确认世界石斑木属植物 12 种、3 变种。归并了 2 个种、2 个变种,即 *Rh. integerrima* Hook. & Arn.、*Rh. parvibracteolata* Merr.、*Rh. indica* var. *latifolia* Cardot 和 *Rh. umbellata* var. *minor* Makino。重新确认湄公河石斑木 *Rh. indica* var. *mekongensis* Cardot 的变种地位。新指定 *Rh. gracilis* Nakai、*Rh. indica* var. *mekongensis* Cardot、*Rh. indica* var. *latifolia* Cardot、*Rh. hainanensis* Metcalf、*Rh. ferruginea* Metcalf 和 *Eriobotrya philippinensis* Vidal 等 6 个分类群名称的后选模式。

关键词: 石斑木属; 蔷薇科; 分类学修订; 分子系统学

Abstract

Rhaphiolepis Lindl., a small genus of Maloideae (Rosaceae), currently contains about 15 species in the world, which distributed in East and Southeast Asia. Although it is not a large genus, about half of species within the genus are still not well revoled, which had not yet been well treated for even one time in the worldwide scale. Based on the evidence of morphology, the micromorphology of leaf epidermis, pollen morphology and molecular systematics, the taxonomic revision of *Rhaphiolepis* is performed in this study for the first time.

Leaf epidermis of 8 species of *Rhaphiolepis* were investigated under both light microscope and scanning electron microscope. Accordding to the characters of upper epidermis, the genus is divided into three types. The first one is polygonal cells with straight anticlinal walls, the second is polygonal cells with straight to arched anticlinal walls, the third is irregular cells with repand or sinuous anticlinal walls. The sculpture of lower epidermis can be devided as three types, apophysis, wrinkle ridge and stripes to apophysis. The stomas, containing a variety of types, are irregularly arranged on the lower surface of leaves. The shape, size and the character of outer stomatal rims of the stomas exhibit interspecific variation. In a word, the micromorphological characteristics of the leaf epidermis have taxonomic significance at species level.

Pollen grains of 7 species of *Rhaphiolepis* were examined by light microscope and scanning electron microscope. All species in *Rhaphiolepis* are with tricolporate pollen grains. The shape of the pollen grains vary from subspheroidal to prolate. Sculptural types of *Rhaphiolepis* were observered as reticulate, striate-foveolate and striate. The patterns of pollen sculpture may have significance in solving the problems such as evolution and classification of *Rhaphiolepis*.

Molecular phylogenetic analyses constructed by three chloroplast DNA regions (*matK*、*psbA-trnH* and *trnL-F*) revealed that: *Rhaphiolepis* is a monophyletic. However, interspecific relationship is not well resolved with fewer informative sites.

Based on extensive literature survey, specimen examination, field observations and experimental evidence, 12 species and 3 variations in *Rhaphiolepis* worldwide

have been accepted. The status of *Rhaphiolepis indica* var. *mekongensis* Cardot is reconfirmed. *Rhaphiolepis integerrima* Hook. & Arn. and *Rhaphiolepis umbellata* var. *minor* Makino are treated as synonyms of *Rhaphiolepis umbellata* (Thunb.) Makino, *Rhaphiolepis parvibracteolata* Merr. and *Rhaphiolepis indica* var. *latifolia* Cardot are treated as synonyms of *Rhaphiolepis indica* var. *mekongensis* Cardot. Lectotypes of six taxa, *Rhaphiolepis gracilis* Nakai, *Rhaphiolepis indica* var. *mekongensis* Cardot, *Rhaphiolepis indica* var. *latifolia* Cardot, *Rhaphiolepis hainanensis* Metcalf, *Rhaphiolepis ferruginea* Metcalf and *Eriobotrya philippinensis* Vidal, are confirmed in this study.

Key words: *Rhaphiolepis*; Rosaceae; taxonomic revision; molecular systematics

第1章 引言

1.1 石斑木属植物分类学研究

1.1.1 分类简史

石斑木属 *Rhaphiolepis* Lindl. 隶属于蔷薇科(Rosaceae)苹果亚科(Maloideae), 是 Lindley 于 1820 年以石斑木 *Rhaphiolepis indica* (L.) Lindl. 为模式建立的^[1]。Lindley 根据 *Crataegus indica* Linn. 内果皮纸质这一特征将其从山楂属(*Crataegus* Linn.) 中独立出来, 同时以其漏斗状的花萼紧贴在子房外以及花萼随花瓣脱落等特征区别于苹果亚科的其他属^[1]。在希腊语中, *Rhaphis*-意为 an awl, *-lepis* 意为 a scale, 即“钻状的苞片和托叶”之意^[2]。石斑木属植物为常绿灌木或乔木, 全世界约有 15 种, 分布于东亚和东南亚地区。其主要形态特征表现为: 单叶, 互生, 全缘或具腺锯齿; 直立总状花序或圆锥花序, 花萼钟状或漏斗状, 花瓣白色或粉色; 果实顶端有一花萼脱落后留下的圆环痕迹或浅窝, 成熟时蓝黑色或紫黑色。

1821 年, Lindley 将 *Crataegus rubra* Lour. 归入石斑木属, 发表一新组合 *Rhaphiolepis rubra* (Lour.) Lindl., 该种以花瓣披针形、淡红色的花丝直立且短于萼片等特征区别于 *Rhaphiolepis indica* (L.) Lindl.^[3]。与 *Rhaphiolepis rubra* (Lour.) Lindl. 相比较, Lindley 将叶片更长、花丝红色、开展且长于萼片的植物命名为 *Rhaphiolepis phaeostemon* Lindl., 将叶形似柳叶的植物命名为柳叶石斑木 *Rhaphiolepis salicifolia* Lindl., 此时未给出拉丁文描述和特征集要^[3]。1822 年, Ker 对柳叶石斑木 *Rhaphiolepis salicifolia* Lindl. 作出详细描述^[4]。之后, *Rhaphiolepis* Lindl. 这一属名被采用, 新种不断增加, 属的特征也不断被修订。

1847 年, M. Roem 首次给出石斑木属的分种检索表, 综合 Lindley^[1, 3]、De Candle^[5]、Spreng^[6]、G. Don^[7]、Hook. & Arn.^[8] 以及 Sieb. & Zucc.^[9] 等人发表的该属植物, 根据叶形、叶缘具齿或全缘、花瓣的形状及其与萼片之间的长度关系、花丝直立或开展及其与萼片之间的长度关系等特征将石斑木属植物分为 11 种^[10]。之后, Hook. f.^[11]、Maxim^[12]、Wenzig^[13]、Decaisne^[14]、Forbes & Hemsl^[15]、Koidz^[16] 和 Cardot^[17, 18] 等人将叶形及大小、叶基叶尖的变化、叶柄长度、花序有无毛被、

萼片的形状等特征应用于石斑木属的分类中,逐步加深了对石斑木属植物的认识。到1924年,日本植物学家 Nakai 对世界石斑木属植物作了比较全面的修订,首次将叶脉在叶面下陷与否以及果实大小等特征作为该属植物的分类依据,结合前人提出的分类学特征将该属分为9种7变种1变型^[19]。

自20世纪30年代起,石斑木属分类学修订主要见于中国、日本以及东南亚地区的植物学家们对该属的研究报道。

在我国,对石斑木属植物研究最早的是胡先骕先生,他于1932年发表了广西石斑木 *Rhaphiolepis kwangsiensis* Hu 和细叶石斑木 *Rhaphiolepis lanceolata* Hu^[20]。之后, Metcalf 首次对我国石斑木属植物作出分类学修订,将叶子质地、叶脉在叶面下陷与否、枝条及花果被毛与否等特征作为该属的分类学性状^[21]。俞德浚等人于1974年编写《中国植物志》时,认真仔细的考证了前人发表的石斑木属植物,根据枝条形态、叶片形状及大小、叶脉在叶面下陷与否以及花部形态等特征对该属植物作出分类修订,确认我国石斑木属植物有7种3变种^[22]。谷粹芝等人编写 *Flora of China* 时同意俞德浚等人的观点^[23],并指出因未见李矿明^[24]于1989年发表的九龙江石斑木 *Rhaphiolepis jiulongjiangensis* P. C. Huang & K. M. Li 的模式标本而未对其作任何处理。2007年,凡强等人发表石斑木属下一新种——五指山石斑木 *Rhaphiolepis wuzhishanensis* W. B. Liao, R. H. Miao & Q. Fan^[25]。

日本植物学家 S. Kitamura^[26]、S. Hatusima^[27]与 H. Ohashi^[28]对分布在日本和台湾的石斑木属植物进行分类学修订时,倾向于将前人发表的石斑木属下的种及变种进行归并。S. Kitamura^[26]认为石斑木与厚叶石斑木的区别仅在于石斑木的果为5 mm,而厚叶石斑木的果为7-10 mm; S. Hatusima^[27]认为二者的区别仅在于石斑木的花比厚叶石斑木的小; H. Ohashi^[28]认为除了上述所描述的区别再也找不到二者之间存在的差异,因此支持 S. Kitamura 的观点,将厚叶石斑木作为石斑木的变种处理。

1.1.2 分类中存在的问题

迄今为止,各国学者对石斑木属的修订已澄清和解决了不少分类学上的问题。但是由于石斑木属植物的叶、花和果实等分类性状存在种间交叉现象,而且不同学者对各分类群的认识不同,使得该属各分类群关键性状的变化范围难以界定,从而导致石斑木属的种间划分仍然较为混乱。

徐炳声等人根据由叶及果、果梗和花瓣等特征做出的散点图把大叶石斑木归入石斑木^[29]，而张永田在编写《福建植物志》时则指出这两个分类群虽在某些特征有交叉，但仍可区分^[30]。

另外，厚叶石斑木 *Rhaphiolepis umbellata* (Thunb.) Makino 与全缘石斑木 *Rhaphiolepis integerrima* Hook. et Arn. 的关系也是各国学者争论的问题之一。Hook. f.^[11]、Maxim^[12]、Forbes & Hemsl^[15]和 Koidz^[16]等人认为应将全缘石斑木 *Rhaphiolepis integerrima* Hook. et Arn. 作为厚叶石斑木 *Rhaphiolepis umbellata* (Thunb.) Makino 的变种处理，而 Nakai^[19]、俞德浚和关克俭^[22]以及谷粹芝等人^[23]却认为应将二者作为独立的种。他们认为 *Rhaphiolepis umbellata* (Thunb.) Makino 枝条极叉开，叶片长椭圆形、卵形或倒卵形，叶柄长 5-10 mm，而 *Rhaphiolepis integerrima* Hook. et Arn. 枝条直立或上升，叶片多长圆形或长圆倒卵形，叶柄极短或近于无柄，由此将二者区分开来。但是 H. Ohashi^[28]则认为仅仅根据这些形态差异无法将二者完全区分开，建议将二者归并，并将其处理成石斑木的变种 *Rhaphiolepis indica* var. *umbellata* (Thunb.) H. Ohashi。

由此可见，仅仅依靠形态学特征无法对石斑木属下的一些分类群给出合理的地位，故应结合形态解剖学、花粉形态学以及分子系统学等证据对石斑木属植物进行分类及系统学研究。

1.2 石斑木属植物实验分类学研究现状

1.2.1 木材解剖学研究

20 世纪末，Zhang 等人^[31, 32]对 4 种石斑木属植物 (*Rhaphiolepis indica* (L.) Lindl.、*Rhaphiolepis salicifolia* Lindl. ex Ker、*Rhaphiolepis lanceolata* Hu、*Rhaphiolepis ferruginea* Metcalf) 的木材解剖表明，该属植物木射线 1-2 列，射线细胞同型，交叉纹孔场主要分布在径切面上，偶见于横切面上，导管壁存在加厚或含晶体或两者均有，轴向薄壁细胞有时含有晶体。而且，该属植物的木射线类型与红果树属 (*Stranvaesia* Lindl.=*Photinia* Lindl.) 的十分相似，是苹果亚科中所含木射线类型最多样化的植物类群之一。

1.2.2 叶表皮微形态研究

陆玲娣等人^[33]对石楠复合群（包括石楠属、花楸属、石斑木属、红果树属和枇杷属）中 42 种植物的叶表皮形态进行了光学显微镜观察，其中 4 种石斑木属植物（*Rhaphiolepis indica* (L.) Lindl.、*Rhaphiolepis major* Card.、*Rhaphiolepis lanceolata* Hu、*Rhaphiolepis ferruginea* Metcalf）的上下表皮垂周壁式样均为浅波状，气孔器类型包括十字型、四角型、环状型和气孔聚集型，可与其近缘属相区别。

1.2.3 花粉形态研究

李天庆^[34]和周丽华等人^[35]的研究表明，石斑木属植物的花粉长球形—球形，极面观 3 裂圆形，具 3 孔沟，赤道面观长圆形—圆形，外壁具条纹和穿孔纹饰。另外，周丽华等^[35-38]对蔷薇科四个亚科的花粉形态研究表明，在蔷薇科中条纹状相对穴状纹饰而言是进化性状。因此，由花粉形态特征可推测石斑木属在苹果亚科中是较为进化的植物类群。

1.2.4 细胞学研究

在细胞学方面，有关石斑木属植物的报道很少。李桂芬等人于 2013 年^[39]报道了石斑木属的模式种——石斑木(*Rhaphiolepis indica* (L.) Lindl.)的体细胞染色体数 $2n=34$ ，为二倍体，核型为 $2n=2x=34=24m+10sm$ ，与其近缘属枇杷属中的小叶枇杷和窄叶枇杷的核型结构相同。

1.2.5 分子系统学研究

Campbell 等人通过对苹果亚科 19 属以及 4 个外类群植物的 nrDNA ITS 区核苷酸序列研究，认为苹果亚科不是一个单系类群，其中石斑木属、枇杷属和传统上被归入绣线菊亚科的 *Vauquelinia* 自为一群^[40]。Evans and Campbell 通过对蔷薇科 32 属植物的核苷酸 GBSSI 序列分析，支持苹果亚科来源于绣线菊亚科的假说，同时指出石斑木属可能接近枇杷属、红果树属、梨属等^[41]。Lo and Donoghue 通过对苹果亚科 27 属植物 11 个叶绿体基因和 nrITS 区核苷酸序列的研究表明，石斑木属与枇杷属和柃木属的亲缘关系较近^[42]。

迄今为止，在分子系统学方面，国内外学者对石斑木属植物的研究仅限于作

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

廈門大學博碩士論文摘要庫