

国产海桑属植物的两个杂交种

王瑞江¹, 陈忠毅¹, 陈二英², 郑馨仁³

(1. 中国科学院华南植物研究所, 广东广州 510650. 2 海南省林业局, 海南海口 570203;

3 海南东寨港红树林保护区, 海南琼山 571129)

摘要: 作者通过对红树林海桑属植物进行形态学、花粉学、细胞学以及其它方面的比较研究, 证实了拟海桑和海南海桑为两个杂交种, 它们的嫌疑亲本分别是杯萼海桑和海桑, 杯萼海桑和卵叶海桑。 *Sonneratia* × *hainanensis* Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen (pro sp.) 为海南海桑的新名称, 而拟海桑 *S. paracaseolaris* Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen Y. Chen 则被归并入 *Sonneratia* × *gulngai* N. C. Duke.

关键词: 海桑属; 分类学; 杂交种; 海南海桑; 拟海桑; 红树林

中图分类号: Q949.761.4 **文献标识码:** A

Two hybrids of the genus *Sonneratia* (*Sonneratiaceae*) from China

WANG Rui-jiang¹, CHEN Zhong-yi¹, CHEN Er-ying², ZHENG Xin-ren³

(1. South China Institute of Botany Academia Sinica, Guangzhou 510650, China; 2. Hainan Province Forestry Bureau, Haikou

570203, China; 3. Hainan Dongzhaigang Mangrove Nature Reserve, Qiongzhan 571129, China)

Abstract: A detailed comparative study on Chinese *Sonneratia* is done on the basis of its morphology, palynology, cytology and other aspects. The result is: *S. paracaseolaris* Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen and *S. hainanensis* Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen are two hybrids, whose putative parents are *S. alba* J. Smith and *S. caseolaris* (L.) Engl., *S. alba* J. Smith and *S. ovata* Backer respectively. The new Latin name of *S. hainanensis* is *Sonneratia* × *hainanensis* Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen (pro sp.) and *S. paracaseolaris* Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen is incorporated into *Sonneratia* × *gulngai* N. C. Duke.

Key words: *Sonneratia*; taxonomy; hybrid; *Sonneratia* × *hainanensis* Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen (pro sp.) *Sonneratia* × *gulngai* N. C. Duke; Mangrove

海桑属植物隶属海桑科, 是红树林(Mangrove)植物中主要的乔木型树种。在《Flora

收稿日期: 1998-05-04

作者简介: 王瑞江(1968-), 男, 助理研究员, 硕士, 从事植物系统与演化研究工作。

Maleisiana》中, 记载了5种海桑属植物: *S. caseolaris*, *S. alba*, *S. ovata*, *S. griffithii* 和 *S. apetala*⁽¹⁾。Muller 和 Hou-Liu 通过对婆罗洲(Borneo)海桑属6个类群的植物进行形态学和细胞学研究, 认为其中的两个类群是杂交种: *S. alba* × *ovata* 和 *S. alba* × *caseolaris*, 他对这两个杂交种仅作了描述, 但未正式命名⁽²⁾。Duck 在澳大利亚东北部也发现了此属的一个杂交种: *Sonneratia* × *gulingai*, 这个杂交种的亲本也是 *S. alba* 和 *S. caseolaris*, 但与婆罗洲的 *S. alba* × *caseolaris* 在形态上有所不同⁽³⁾。

在我国, 《海南植物志》⁽⁴⁾ 仅记载了一种海桑属植物——海桑 (*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl.), 在《中国植物志》⁽⁵⁾ 中海桑属植物又增加了杯萼海桑 (*S. alba* Smith.)。在对海南岛红树林植物进行海岸调查时, 高蕴璋^(6,7) 等发现了卵叶海桑 (*S. ovata* Backer.) 在我国的分布, 此后又发现了海南海桑 (*S. hainanensis* Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen) 和拟海桑 (*S. paracaseolaris* Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen)。1985年, 我国科技人员成功地从孟加拉国引种了无瓣海桑 (*S. apetala* Buch.-Ham.), 使我国海桑属植物的种类达到6种。目前, 海南海桑已被列入国家二级保护植物名录, 拟海桑也被列为濒危种。

在对国产海桑属植物进行研究的过程中, 拟海桑和海南海桑独有的生理生态特性以及形态结构特征引起了我们的注意。作者发现拟海桑和海南海桑在许多方面有杂交种的特性, 为此, 我们从形态比较、花粉败育性测定、染色体行为、种子质量检测和子代幼苗试验等几个方面对海桑属植物进行了较为全面的研究。

1 研究内容与分析

1.1 海桑属植物的自然地理分布

根据野外调查, 我国海桑属植物基本上分布在海南岛(表1), 其中杯萼海桑的分布范围是海南岛东海岸南端的三亚到东北部的文昌, 海桑的生长范围是东海岸中部的万宁到文昌, 卵叶海桑则主要分布在文昌地区。拟海桑在万宁北部的琼海到文昌之间有生长, 海南海桑在文昌有分布。

杯萼海桑生长在海湾的外滩, 常见于低潮带附近, 具有较强的耐盐性; 卵叶海桑和海南海桑均分布在海湾内滩与河流交汇处的中下滩面, 常见于高潮带附近; 海桑一般位于中潮带附近。在以上五个种的分布中, 拟海桑的生长环境位于杯萼海桑和海桑之间, 海南海桑的分布范围也是在杯萼海桑和卵叶海桑的重叠区

域上。因此, 这种自然上的地理分布就为杂交种的产生提供了可能, 并且, 只有在嫌疑亲本种地理分布重叠的地区, 它们之间不存在地理隔离时, 才有可能出现杂交现象。Muller⁽²⁾ 和 Duck⁽³⁾ 所发现的杂交种也存在着同样的情况。由此可见, 杂交种的产生至少其亲本种不存在地理隔离情况, 而其分布范围的重叠为杂种的产生创造了最基本的条件。

1.2 形态学的研究

史坦宾斯在论述变异式样时曾经指出: 由于植物种间大多数形态差异决定于多基因差异而不决定于单个基因差异, 而且显性现象比较少见, 因此杂种体的每一个性状几乎都应该介于双亲之间。所以

表1 海桑属植物在海南岛的自然分布情况

Table 1 The nature distribution of the *Sonneratia* species in Hainan Island

种类 Species	三亚 Sanya	陵水 Ling shui	万宁 Wan ning	琼海 Qiong hai	文昌 Wenchang			
					清澜港 Qinglan gang Harbor	东寨港 Dongzhai gang Harbor	东阁 Dongge	头苑 Tou wan
海桑 <i>S. caseolaris</i>			+	+	+	+	+	+
拟海桑 <i>S. gulingai</i>				+	+	+	-	+
杯萼海桑 <i>S. alba</i>	+	+	+	+	+	+	+	-
海南海桑 <i>S. hainanensis</i>					+	+	+	+
卵叶海桑 <i>S. ovata</i>					+	+	+	+

凡是某一植株上, 介于两嫌疑亲本之间的性状为数愈多, 则此植株就愈可能是杂种⁽⁸⁾。陈泽藻⁽⁹⁾在研究海桑属植物各部分的形态解剖学特征时对之进行了比较详细的描述和分析。下面将拟海桑和海南海桑与它们的嫌疑亲本进行比较, 可以看到以下情况存在:

1.2.1 拟海桑

与杯萼海桑相似, 而与海桑不同之处: (1) 叶柄基部形状、叶的颜色和叶片背部叶脉; (2) 花蕾长短及其顶端形状; (3) 萼片表面情况和花萼基部形状; (4) 花瓣形状。

与杯萼海桑不同, 而与海桑相同的特点: (1) 叶的形状; (2) 花蕾中部的缢缩情况; (3) 成熟果实中的萼片形态; (4) 花瓣存在; (5) 在叶的厚度、表皮盐腺直径大小和气孔数目等方面; (6) 无退化雄蕊; (7) 花粉粒两极区近光滑。

与两者均不相同的特点: (1) 花蕾明显比杯萼海桑粗, 比海桑长; (2) 花蕾中部缢缩较海桑为多; (3) 野外生长的植株个体明显比杯萼海桑和海桑高大。

1.2.2 海南海桑

与杯萼海桑相同, 与卵叶海桑不同之处: (1) 叶端形状; (2) 萼片表面情况; (3) 花蕾基部的形状; (4) 退化雄蕊的数目。

与杯萼海桑不同, 与卵叶海桑相同之处: (1) 叶形状、叶顶结构、叶大小以及叶脉突出情况; (2) 花蕾的大小、基部的形状、具脊与否以及花蕾顶部的情况; (3) 果实的大小、果壁的厚薄和果实上柱头残留情况; (4) 叶片厚度、表皮盐腺和花瓣存在情况; (5) 花粉粒两极区有条状纹饰。

与两者均不相同之处: (1) 野外中, 叶颜色较两者深许多; (2) 在萼片之间外轮雄蕊中花瓣生长的位置, 有明显的退化雄蕊存在; (3) 退化雄蕊表现的程度不同; (4) 野外生长的植株个体明显比杯萼海桑和卵叶海桑高大。

在野外, 如果没有花蕾的存在, 海南海桑与卵叶海桑的区别并不是特别显著。海南海桑的叶片颜色较深, 且叶片长度与宽度相差不大, 近圆形; 而卵叶海桑的叶片颜色较浅, 叶片长略大于宽, 呈卵形; 当花蕾存在时, 我们就能从萼片上是否具有瘤状物作出正确的判断了, 而拟海桑与海桑相比, 从叶片顶端是否有带状加厚就可以将两者分开。

在海南, 拟海桑和海南海桑的个体数量目前发现的还很少。海南海桑总共只有 4 株, 拟海桑的个体分布要较多些。它们的树干粗壮, 枝叶繁茂, 往往比其亲本种还要高大的多。Duke 描述澳大利亚的海桑植物杂种时也曾提到这种现象⁽³⁾。

1.3 花粉败育率研究

如果嫌疑植株营养生长完全健康, 且与嫌疑亲本生长在一地, 而在亲本中大多数花粉饱满, 嫌疑植株中却有 50% 以上的花粉空瘪的话, 那么这个植株就极可能是杂种⁽⁸⁾。为此, 我们用孔雀绿-酸性品红-桔红 G (Malachite green-acid fuchsin-orange G)⁽¹⁰⁾ 混合试剂对海桑属植物的花粉败育率进行了检测 (表 2)。

从表中可以得出这样的结论: ①拟海桑的花粉平均败育率高达 95.62%, 另外, 在拟海桑的花粉中还有大量的不育花粉存在, 这使拟海桑在开花时期的有效传粉和受粉过程受到严重影响, 这也是导致拟海桑的高落果率、低结实率和含种子量少等现象发生的一个主要原因; ②海南海桑的花粉平均败育率为 54.43%, 与拟海桑相比其花粉败育率较低, 所以在开花时其有效传粉和受粉率均高于拟海桑, 在落果率、结实率和种子含量等方面好于拟海桑, 这也说明了其嫌疑亲本杯萼海桑和卵叶海桑之间的亲缘关系同杯萼海桑和海桑相比要近得多; ③杯萼海桑、海桑和卵叶海桑的花粉败育率一般不高于 10%, 所以具有良好的亲本种特性。

Muller 在研究杂交种 *S.alba* × *ovata* 这个杂交种的花粉时, 在疑为多次回交后代的杂交种的花粉中有 50% 的花粉可育, 42% 的花粉不育, 8% 的花粉败育; 在疑是 F1 杂交种的花粉中, 75% 左右的花粉不育。这种情况与我们所观察到的情况相似。

1.4 花粉母细胞在减数分裂时期的染色体行为

把所采集的处于不同发育阶段的幼花蕾用卡诺固定液固定, 然后对材料进行铁-醋酸洋红染色和涂片, 观察花粉母细胞染色体在减数分裂过程中的变化情况。

表 2 海桑属植物的花粉败育性
Table 2 The pollen sterility of the *Sonneratia* species

种类 Species	样品采集地 Sample collecting place	花粉总粒数 Total pollen number	能育花粉数 Fertilit ypollen number	败育花粉数 Sterility pollen number	花粉败育率 Rate of sterility pollen
杯萼海桑 <i>S.alba</i>	东阁群建村 Dongge Qunjian village	194	177	17	8.76%
拟海桑 <i>S. gubngai</i>	东阁群建村 Dongge Qunjian village	137	4	133	97.08%
	清澜港庙旁 Qinglangong Harbor	437	9	428	97.94%
海桑 <i>S.caseolaris</i>	清澜港保护站旁 Qinglangong Harbor	282	23	259	91.84%
	东寨港河边 Dongzhaigang Harbor	651	614	37	5.68%
海南海桑 <i>S. hainanensis</i>	东阁群建村 Dongge Qunjian village	755	397	358	47.42%
	东寨港中心岛 Dongzhaigang Harbor	759	315	444	58.5%
卵叶海桑 <i>S.ovata</i>	东阁群建村 Dongge Qunjian village	1661	708	953	57.38%
	东寨港中心岛 Dongzhaigang Harbor	400	387	13	3.25%
无瓣海桑 <i>S.apetala</i>	东寨港中心岛 Dongzhaigang Harbor	339	317	22	6.49%

在拟海桑和海南海桑的减数分裂过程中, 染色体的第一次分裂中期, 可以发现染色体的数目并不都是 $n=11$, 而是有时低于 11, 有时超过 11^[1]。这种现象的产生可能是由于单价体、未配对的染色体和(或)二价体间的再次配对的情况存在。这种不规则行为的缘由还需要细胞学上的进一步检验。

在所制备的涂片中, 分裂中期和分裂后期的细胞都可以观察到, 四分体细胞也常常在视野中出现。减数分裂时染色体行为的紊乱在说明其为杂交后代的可能性方面也是一个有力的证据。现在还不肯肯定这种情况是细胞分裂所持续的一个阶段, 还是细胞分裂所出现的一种障碍。

Muller & Hou-liu 对 *S.alba* × *caseolaris* 和 *S.alba* × *ovata* 的花粉母细胞减数分裂过程进行观察, 发现在分裂间期的细胞中, 常常有一个, 偶而有两个偏离中心的核仁存在; 或在分裂前期染色质浓缩成一团, 看起来像联会结一样, 并且, 在花粉母细胞中, 减数分裂的活动有很强的局限性^[2]。同样的情况也出现在拟海桑的花粉母细胞减数分裂过程中, 并且在花药中大量不同发育时期的花粉母细胞同时存在, 花粉的发育具有很大的不同步性。

表 3 海桑属植物种子发芽测定
Table 3 The seed germinating examination of *Sonneratia* species

种类 Species	种子质量 Seed Quality		发芽测定 Germinating		备注 Remark
	优良度 Rate of excellent seed(%)	千粒重 Per thousand weight(g)	发芽率 Rate of germinating (% / d)	发芽势 Trend of germinating (% / d)	
海桑 <i>S.caseolaris</i>	93.3	7.2	94.0 / 28	64 / 5	空粒率 60%
拟海桑 <i>S. gubngai</i>	33.0	51.3	22.9 / 25		
杯萼海桑 <i>S.alba</i>	94.0	30.0	90.0 / 3	72 / 2	空粒率 31.5%
海南海桑 <i>S. hainanensis</i>	61.0	31.2	64 / 12	27 / 3	
卵叶海桑 <i>S.ovata</i>	79.0	26.0	74 / 49		
无瓣海桑 <i>S.apetala</i>	87.0	16.5	88 / 7	60 / 3	

1.5 种子质量检测

种子不孕性可能是由于自交不孕, 而且极易受环境的影响而改变, 然而在排除自身和环境因素后, 种子的质量以及发育情况的好坏在一定程度上也可以反映出此物种发育情况。对 6 种海桑属植物种子进行质量检测也是为了进一步验证拟海桑和海南海桑的发育状况并与它们的嫌疑亲本种比较 (表 3), 以期了解这两个杂交种所反映的某种特性。

从上表中可以看出: 拟海桑的种子优良度仅 33%, 空粒率高达 60%, 在 25 d 仅有 22.9% 的种子萌发, 而海南海桑在这方面的情况要较好些; 各亲本种也表现出了良好的种子质量。在拟海桑和海南海桑的生长地, 花期和果期的落花和落果现象极其普遍, 在初果形成后便开始落果, 至果成熟时, 落果率达 70%~80%。并且, 拟海桑的果实中种子极少。在文昌的头宛村, 拟海桑的果实含种率仅 10%~15%。在拟海桑和海南海桑花期和果实期中, 海南海桑的落蕾率比拟海桑低, 结实率比拟海桑高。因此, 我们可以推测杯萼海桑与卵叶海桑的亲缘关系比起与海桑的关系来要近得多^[2]。

1.6 子代幼苗试验

如果嫌疑植株在形态学方面的确大多数性状是中间性, 而仍能产生种子的话, 则子代测验就成为关键的证据。子代幼苗试验是指将嫌疑杂交种 (有可能是嫌疑亲本的 F₁、F₂ 或回交后代) 的种子播下, 然后观察这些种子所长出的幼苗的形态特征, 并鉴别它们是否出现了向着两个嫌疑杂交亲本方向的性状分离。如果有这种方向的分离, 则可以推论这个嫌疑杂交种的存在是很有可能的。此试验可以判断性状的中间性是否由于遗传上的杂合性所致。

在东寨港的红树林自然保护区, 育苗人员用海南海桑的种子进行育苗, 结果发现:

这些种子长出的幼苗发生了性状分离 (图 1)。在后代的 11 棵幼苗中, 有 2 株象杯萼海桑 (图 1: 2)、有 2 株象卵叶海桑 (图 1: 3、4), 有 5 株象海南海桑 (图 1: 1、6), 还有 2 株不能得到明确的认定 (图 1: 5), 但有点象海桑。因为这些幼苗从海南海桑的种子得到, 所以这种子代所发生分离的现象有力地证明了海南海桑是杂交种, 也可以说正是由于海南海桑基因的杂合性而使子代产生了性状分离。而拟海桑的种子因为不易得到而未能进行这样的试验。

2 研究结果

(1) 拟海桑和海南海桑的分布范围也常常是杯萼海桑与海桑和卵叶海桑重叠分布的地区, 拟海桑和海南海桑的亲本种海桑、杯萼海桑和卵叶海桑的自然分布区的重叠为杂交种的产生提供了可能。

(2) 拟海桑和海南海桑在形态上具有各自亲本种的中间特征, 而且, 这两个种在野外自然生长的个体都比较高大, 表现出了杂种优势的特性。

(3) 拟海桑的花粉发育情况不良, 其败育率高达 95% 以上, 而海南海桑的花粉败育率较低, 但也超过 50%, 说明这两个杂交种在遗传上存在某种生理性障碍, 这种障碍导致了花粉母细胞在减数分裂过程中染色体行为的紊乱。在对这两个杂交种的花粉母细胞进行观察时, 染色体数目常常发生变

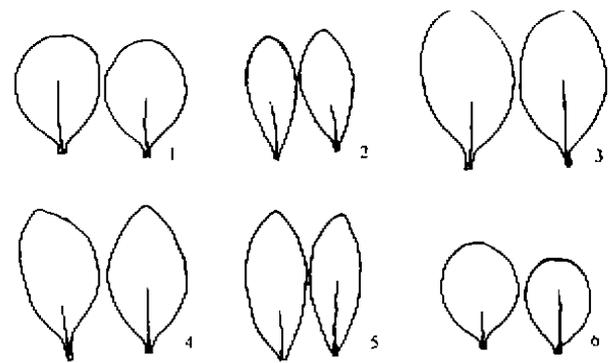


图 1 海南海桑子代幼苗叶子的形态变异
Fig. 1 The morphological variation of the young *S. x hainanensis* leaves

化,这也是由于两个杂交种在遗传上存在某种障碍而致使大多数花粉不能正常发育的重要原因之一。

(4) 拟海桑和南海海桑的高落果率、低含种量和种子空粒率较高等现象也是杂交种所表现出来的一个特性。另外南海海桑子代幼苗试验所表现出的后代性状分离这一事实证明了南海海桑中间性状的产生是由于其基因具有杂合性。

(5) 拟海桑和南海海桑为海桑属植物的两个杂交种。根据《国际植物命名法规》第50条的规定,两者应作如下归并:

拟海桑 *Sonneratia* × *gulgai* N. C. Duke in *Austrobaileya*, 2 (1): 103 ~ 105. 1984. — *S. paracaseolaris* Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen in *Journ. Trop. Subtrop. Bot.* 1 (1): 11 ~ 13. 1993; **南海海桑** *Sonneratia* × *hainanensis* Ko E. Y. Chen et W. Y. Chen (pro sp.). — *Sonneratia hainanensis* Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen in *Acta Phytotax. Sinica* 23 (4): 311 ~ 314. 1985.

参考文献:

- (1) Backer C A, van Steenis C G G J. *Flora Malesiana* [M]. 1951, Ser. I. 4: 280~288
- (2) Muller J and Hou-Liu S Y. Hybrid and chromosomes in the genus *Sonneratia* (Sonneratiaceae) [J]. *Blumea*. 1966, 14 (2): 337~343
- (3) Duke N C. A mangrove hybrid, *Sonneratia* × *gulgai* (*Sonneratia*) from North-eastern Australia [J]. *Austrobaileya*. 1984, 2 (1): 103~105
- (4) 侯宽昭, 陈伟球. 海南植物志(第1卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1964. 426~427
- (5) 方文培, 张泽荣. 中国植物志(第52卷第2分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1983. 111~118
- (6) 高蕴璋. 海桑属新分类群 [J]. 植物分类学报, 1985, 23 (4): 311~314
- (7) 高蕴璋. 中国海桑属小志 [J]. 热带亚热带植物学报, 1993, 1 (1): 11~13
- (8) 史旦宾著(复旦大学遗传学研究所译). 植物的变异和进化 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1963. 1~33
- (9) 陈泽源. 国产海桑属 (*Sonneratia* Linn. f.) 植物的形态解剖 [J]. 热带亚热带植物学报, 1996, 4 (2): 18~24
- (10) 陈家瑞. 植物孢粉染色技术综述及其应用 [C]. 植物学集刊, 1991, 5: 269~276
- (11) 王瑞江, 陈忠毅, 黄向旭. 国产红树林植物的染色体计数 [J]. 热带亚热带植物学报, 1998, 6 (1): 40~46
- (12) Muller J. A palynological study of the genus *Sonneratia* (Sonneratiaceae) [J]. *Pollen Spores*. 1969, 11: 223~298