

真红树和半红树植物体内盐分分布的比较研究

蒋巧兰, 牟美蓉, 王文卿*, 赵杭平

(厦门大学生命科学学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 研究了典型的真红树植物(红树 *Rhizophora apiculata*、木榄 *Bruguiera gymnorhiza*、海桑 *Sonneratia caeseolaris*、桐花树 *Aegiceras corniculatum*、白骨壤 *Avicennia marina*)、半红树植物(黄槿 *Hibiscus tiliaceus*、水黄皮 *Pongamia pinnata*)和目前还存在争议的物种银叶树(*Heritiera littoralis*)体内各器官的K、Na、Cl元素分布特征。结果表明: (1) 真红树植物和半红树植物体内盐分分布存在明显的区别, 真红树植物体内各器官的Na、Cl含量明显比半红树高, 叶片的K/Na值比半红树低; (2) 真红树植物(除红树和木榄)和半红树植物的K:Na离子吸收选择性(USR)没有差异, 但半红树植物的K:Na离子运输选择性(TSR)明显比真红树高; (3) 真红树植物根系Cl含量随径级增加有先上升后下降趋势, 与半红树植物不同。从盐分分布特征来看, 银叶树最好归为半红树植物。

关键词: 真红树植物; 半红树植物; 盐分

中图分类号: Q 945

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2006)06-0867-06

红树林常分布于热带、亚热带海岸潮间带, 主要由一些盐生的木本植物组成, 通常分为真红树植物和半红树植物。早在1905年, Tansley和Fritsch在《Sketches of vegetation at home and abroad I. The flora of the Ceylon littora》一书中就提出了半红树植物的概念^[1]。Saenger将红树林生境专有的红树植物称为真红树, 而将既可在红树林生境出现也可在中高潮带以上生境出现的称为“非专有红树”、“后红树”、“半红树”等^[2]。Tomlison为真红树植物的鉴别做了具体标准^[3]; 林鹏和傅勤^[4]提出了非常明确的“真红树”和“半红树”的概念及鉴别标准。但这些标准主要是从植物的一些外部形态特征及生境潮汐特点上进行划分, 未从内部生理水平加以比较。加之不同学者对这些标准的理解不同, 导致对中国及国内各省区的红树植物种类组成报道有所不同, 一些经常存在争议的物种如: 银叶树(*Heritiera littoralis*)、卤蕨(*Acrostichum aureum*)、海漆(*Excoecaria agallocha*)等^[5~9]。但对于一个国家或地区而言, 了解红树植物种类组成, 是研究红树林结构和功能的前提, 也可以加强我们对红树林的保护和管理^[8,9]。

在红树植物抗盐机理方面, 多数研究集中在光合、呼吸、生长、基因调控, 从盐分的吸收、转移和分配角度研究报道不多, 且集中于泌盐红树植物白骨壤属的植

物, 对真红树和半红树之间的比较研究较少^[10]。而研究植物的抗盐性必须跟踪盐分的吸收、运输和分配, 盐生植物体内盐分浓度的调节是植物生存的关键^[11]。

聚类分析方法被大量应用于系统分类学和群落调查, 但利用聚类方法研究植物抗性的报道不多。任文伟等^[12,13]运用聚类分析方法对不同种源羊草(*Leymus chinensis*)的抗旱性进行了研究。

本研究着重于比较真红树和半红树在体内各器官盐分分布上的区别, 从而从内部离子分布上为真红树和半红树划分提供鉴别依据, 并对它们的抗盐机理进行深入了解。

1 材料与方法

1.1 样品采集

样品于2005年7月和11月采自海南东寨港红树林自然保护区(19°51'N, 110°24'E)和文昌清澜港红树林自然保护区(19°22'~19°35'N, 110°40'~110°48'E)。

在样地内选择红树 *Rhizophora apiculata*、木榄 *Bruguiera gymnorhiza*、海桑 *Sonneratia caeseolaris*、桐花树 *Aegiceras corniculatum*、白骨壤 *Avicennia marina*、黄槿 *Hibiscus tiliaceus*、水黄皮 *Pongamia pinnata*、银叶树 *Heritiera littoralis* 标准木各3棵, 分别采集成熟叶、幼枝、多年生枝、树干材、树干皮、地下根(细分成4级, I: $d < 2$ mm, II: $d 2 \sim 5$ mm, III: $d 5 \sim 15$ mm, IV: $d > 15$ mm)。其中叶片和幼枝取自树冠外围, 所有植物样品用纯净水清洗干净, 称重后, 80℃

收稿日期: 2006-04-10

基金项目: 国家自然科学基金(30200031)资助

作者简介: 蒋巧兰(1981-), 女, 硕士研究生。

* 通讯作者: wenqing2001@hotmail.com

烘干,磨粉,贮存备用。采集植物样品的同时采集 20~30 cm 层土壤样品,风干磨碎过 1 mm 筛备用。

1.2 实验方法

植物和土壤样中的 Cl 含量用 AgNO_3 滴定法测定;土壤样品和植物样品分别经微波消解和马福炉灰化后,用 ICP-Mass(ELAN DRG-e, Axial Field Technology) 测定 K、Na 含量。各元素含量均以干样质量计,单位为 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

植物对 K^+ 、 Na^+ 吸收和运输的选择性^[14]用 K:Na 离子吸收选择性和 K:Na 离子运输选择性表示。

K:Na 离子吸收选择性(K:Na USR)=
 $\{\text{根系}[\text{K}^+]/[\text{Na}^+]\}/\{\text{土壤}[\text{K}^+]/[\text{Na}^+]\}$,

K:Na 离子运输选择性(K:Na TSR)=
 $\{\text{叶片}[\text{K}^+]/[\text{Na}^+]\}/\{\text{根系}[\text{K}^+]/[\text{Na}^+]\}$ 。

2 结果

2.1 真红树植物与半红树植物的根系元素含量

从图 1 可看出,红树植物(包括半红树植物)根各个径级的 Cl 元素含量都要比 K 和 Na 高。真红树植物根系不同径级的 Cl 含量差别较大,随着根直径的增加,红树Ⅲ级根的 Cl 含量较 I 级根明显升高,在Ⅳ级根中的含量又明显下降;木榄Ⅲ级根的 Cl 含量与Ⅱ级根相比明显升高,在Ⅳ级根中又明显下降;海桑和桐花树 Cl 含量在Ⅱ级根中明显升高,而后在Ⅲ级根中的含量又明显下降;白骨壤的各径级根系 Cl 含量有先上升后下降的趋势,但没有构成显著性差异。总之,真红树

植物(除白骨壤)Cl 含量在Ⅱ级或Ⅲ级根中明显升高($p < 0.05$),而后在Ⅳ级根中又明显下降($p < 0.05$)。

半红树植物各级根系的 Cl 含量没有明显差异,即无先上升后下降的趋势。银叶树的根系 Cl 含量趋势与半红树相似,无先升高后下降的趋势。

2.2 真红树植物与半红树植物地上各器官元素含量

从图 2 可以看出,红树(除树干材)和木榄地上部分各器官的元素含量基本一致: $\text{Cl} > \text{Na} > \text{K}$; 海桑幼枝、多年生枝、树干材元素含量顺序为: $\text{Cl} > \text{K} > \text{Na}$, 叶片、树皮的顺序: $\text{Cl} > \text{Na} > \text{K}$; 桐花树地上部分各器官的元素含量为: $\text{Cl} > \text{Na} > \text{K}$; 白骨壤的叶片元素含量顺序: $\text{Cl} > \text{Na} > \text{K}$, 幼枝、树皮: $\text{Cl} > \text{K} > \text{Na}$, 多年生枝: $\text{K} > \text{Cl} > \text{Na}$, 树干材: $\text{K} > \text{Na} > \text{Cl}$; 半红树植物黄槿和水黄皮的地上部分器官元素含量一致,其幼枝、多年生枝、树皮、叶片的元素顺序都为: $\text{K} > \text{Cl} > \text{Na}$, 树干材: $\text{K} > \text{Na} > \text{Cl}$; 而银叶树幼枝、多年生枝、叶片,树干材都为: $\text{K} > \text{Cl} > \text{Na}$, 树皮: $\text{Cl} > \text{K} > \text{Na}$ 。

总的来说,真红树植物体内的 Na、Cl 含量明显要比半红树植物高(表 1),且真红树地上各器官的 Cl 元素含量要比 K 元素高。相比之下,半红树植物黄槿、水黄皮的 Na、Cl 含量明显较低(表 1),地上各器官的 K 要比 Na、Cl 高。争议物种银叶树 Na 和 Cl 含量较低,地上各器官的元素顺序也与半红树植物较接近。

此外,对红树植物不同器官元素含量之间的关系进行分析,发现真红树植物和半红树植物各器官的 Na 和 Cl 含量之间均存在正相关关系,且均达到极显著水

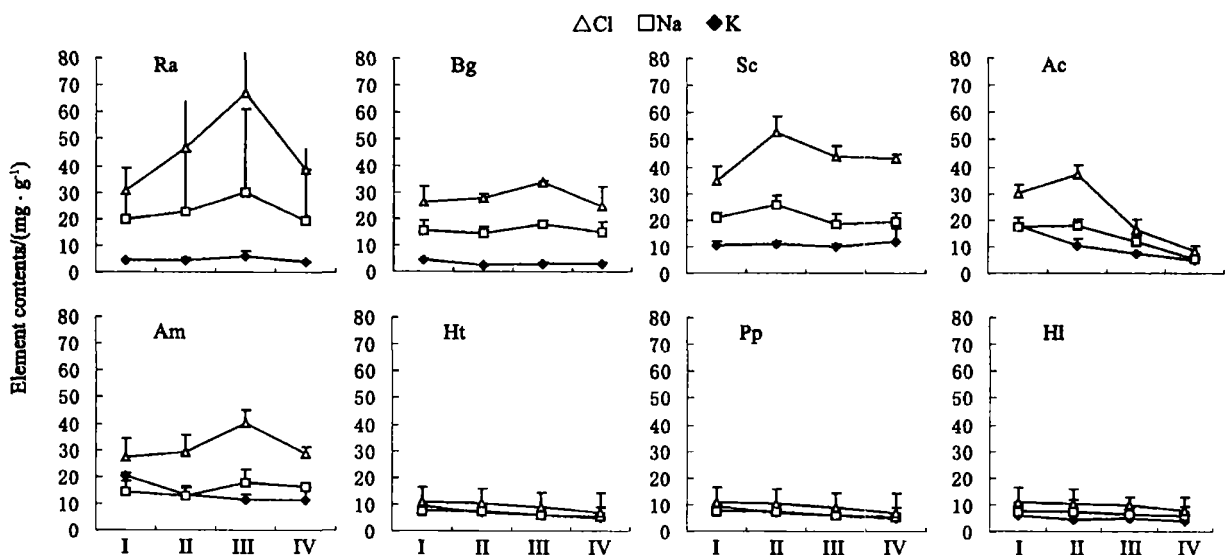


图 1 真红树植物和半红树植物不同径级根系 K、Na、Cl 含量

Ra: 红树; Bg: 木榄; Sc: 海桑; Ac: 桐花树; Am: 白骨壤; Ht: 黄槿; Pp: 水黄皮; Hl: 银叶树

I: $d < 2 \text{ mm}$, II: $d 2 \sim 5 \text{ mm}$, III: $d 5 \sim 15 \text{ mm}$, IV: $d > 15 \text{ mm}$

Fig. 1 Element contents in roots of different diameter in true mangrove plants and mangrove associates

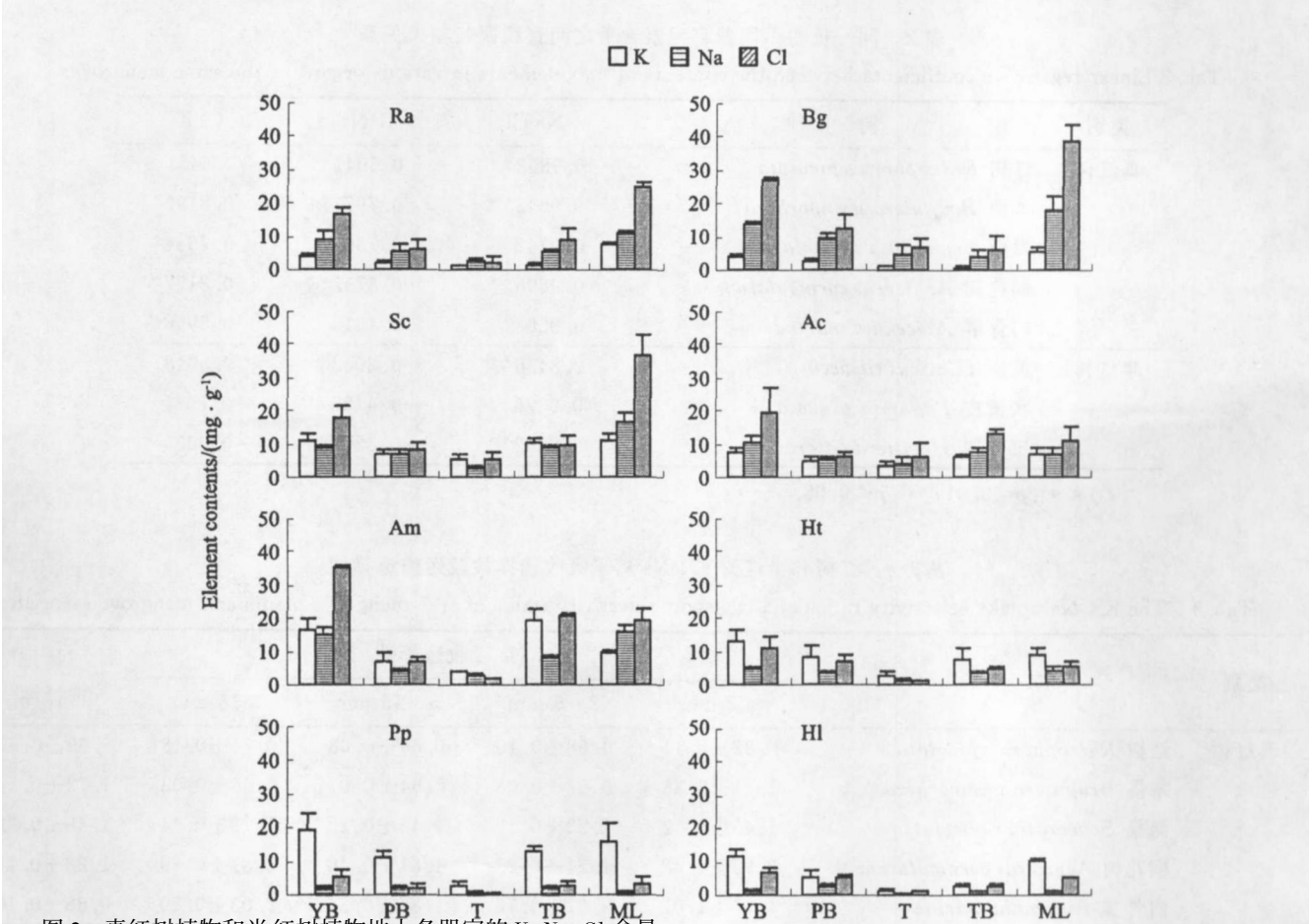


图2 真红树植物和半红树植物地上各器官的K、Na、Cl含量
YB: 幼枝; PB: 多年生枝; T: 树干材; TB: 树皮; ML: 成叶

Fig.2 Element contents in various over-ground organs of true mangrove plants and mangrove associates

平(表2). 真红树植物的K和Na含量之间也都存在正相关关系, 除白骨壤和红树外, 其余均达到显著水平, 桐花树达到极显著水平; 而半红树植物的K和Na之间存在负相关. 真红树的Cl和K含量之间正相关, 但只有木榄和桐花树达到极显著水平, 海桑达到显著水平; 半红树植物水黄皮的Cl和K含量负相关, 黄槿为正相关. 银叶树的Cl和K、K和Na含量之间都为负相关.

2.3 叶片 K/Na

从统计结果(表1)可以看到, 真红树植物叶片的K/Na值在0.34~0.98之间, 相比而言, 半红树植物叶片K/Na值比较高, 黄槿为4.62, 水黄皮为16.30. 争议物种银叶树叶片的K/Na值为8.61, 说明银叶树在叶片的离子关系上接近半红树植物.

2.4 K:Na 离子吸收选择性与运输选择性

不同直径的根系 K:Na 离子吸收选择性见表3.

表1 真红树和半红树植物体内Na、Cl、K元素含量的统计结果
Tab.1 Statistics of element contents in true mangrove plants and mangrove associates

类别	树种	Na/(mg · g ⁻¹)	Cl/(mg · g ⁻¹)	K/(mg · g ⁻¹)	叶片 K/Na
真红树	红树 <i>Rhizophora apiculata</i>	14.12±0.44	26.86±3.35	3.97±0.15	0.69±0.06
	木榄 <i>Bruguiera gymnorhiza</i>	13.10±1.15	22.87±1.35	3.09±0.35	0.34±0.12
	海桑 <i>Sonneratia caeseolaria</i>	14.63±0.83	28.07±1.22	9.34±0.26	0.69±0.25
	桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	9.66±0.58	16.59±2.07	7.67±0.14	0.98±0.30
	白骨壤 <i>Avicennia marina</i>	12.02±1.27	23.34±2.64	12.66±1.16	0.63±0.11
半红树	黄槿 <i>Hibiscus tiliaceus</i>	5.01±1.82	7.55±1.95	6.71±1.64	4.62±2.38
	水黄皮 <i>Pogamia pinnata</i>	3.73±1.18	5.81±2.38	10.15±0.53	16.30±6.95
	银叶树 <i>Heritiera littoralis</i>	3.14±1.06	7.14±2.22	4.97±0.12	8.61±1.63

表 2 同一植物不同器官元素含量之间直线回归相关关系^①

Tab.2 Linear regressive coefficients between the contents of two elements in various organs of the same mangroves

类别	树 种	Na-Cl	K- Na	Cl-K
真红树	红树 <i>Rhizophora apiculata</i>	0.9852* *	0.6041	0.6451
	木榄 <i>Bruguiera gymnorhiza</i>	0.9642* *	0.7977*	0.8197* *
	海桑 <i>Sonneratia caeseolaria</i>	0.9742* *	0.7504*	0.7644*
	桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	0.9696* *	0.8752* *	0.8177* *
	白骨壤 <i>Avicennia marina</i>	0.9008* *	0.4556	0.5996
半红树	黄槿 <i>Hibiscus tiliaceus</i>	0.8456* *	- 0.2042	0.3018
	水黄皮 <i>Pogamia pinnata</i>	0.9376* *	- 0.4125	- 0.1624
	银叶树 <i>Heritiera littoralis</i>	0.9362* *	- 0.3203	- 0.0036

①* * : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$.

表 3 真红树和半红树 K: Na 离子吸收选择性及运输选择性

Tab.3 The K: Na uptake selectivity ratios and transport selectivity ratios of true mangrove plants and mangrove associates

类别	树 种	K: Na 吸收选择性				K: Na 运输 选择性
		< 2 mm	2~ 5 mm	5~ 15 mm	> 15 mm	
真红树	红树 <i>Rhizophora apiculata</i>	0.82±0.11	0.68±0.10	0.69±0.08	0.74±0.18	3.39±0.37
	木榄 <i>Bruguiera gymnorhiza</i>	1.11±0.35	0.57±0.08	0.64±0.07	0.66±0.03	1.72±0.50
	海桑 <i>Sonneratia caeseolaria</i>	1.45±0.12	1.23±0.18	1.43±0.22	1.73±0.44	1.46±0.72
	桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	2.93±0.48	1.71±0.23	1.81±0.40	2.81±0.29	1.28±0.46
	白骨壤 <i>Avicennia marina</i>	4.17±1.07	3.07±0.74	1.85±0.37	2.03±0.80	0.66±0.19
半红树	黄槿 <i>Hibiscus tiliaceus</i>	1.36±0.55	1.21±0.25	1.63±0.37	1.30±0.19	7.04±3.45
	水黄皮 <i>Pogamia pinnata</i>	2.55±0.67	1.93±0.81	2.30±0.88	4.13±2.82	14.36±7.58
	银叶树 <i>Heritiera littoralis</i>	1.98±0.82	2.71±1.38	2.89±1.98	3.12±1.73	13.08±5.23

注: < 2 mm, 2~ 5 mm, 5~ 15 mm, > 15 mm 分别代表不同直径的根系。

实验结果表明,真红树植物中的白骨壤($d < 2\text{ mm}$ 和 d 2~ 5 mm)较高,而拒盐红树植物红树、木榄较其它的树种偏低;半红树植物黄槿相对于水黄皮和银叶树偏低。但总体来说,真红树和半红树的吸收选择性没有存在明显差异。

真红树植物的 K: Na 运输选择性较低(0.66~ 3.39),而半红树植物黄槿和水黄皮的 K: Na 运输选择性,在 7.04~ 13.08 之间,说明半红树植物对 K^+ 具有较高的运输选择性。争议物种银叶树 K/ Na 吸收运输率为 13.08,与半红树植物一致。

2.5 聚类分析

运用 SPSS10.0 软件,按欧氏距离法对红树植物各器官的 K、Na、Cl 含量进行分层聚类分析,结果如图 3。可以把红树植物分为 3 类,银叶树、水黄皮、黄槿为一类;红树和木榄一类;海桑、白骨壤、桐花树为一类。

3 讨 论

红树植物由于其生境的高含盐量,面临着如何维

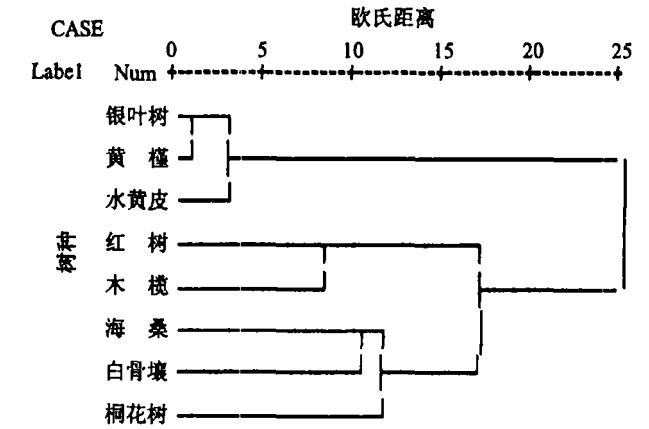


图 3 红树植物各器官 K、Na、Cl 含量聚类树状图
Fig.3 The map of group agglomerative classification of K, Na, Cl contents

持其组织、细胞膨压稳定性问题。这主要通过液泡中积累大量的无机离子来完成。因此红树植物其体内的含盐量相对于陆生植物要高些^[15]。从我们的研究结果

看出, 半红树植物虽然体内含盐量也高, 但其体内各器官的 Na^+ 、 Cl^- 含量明显比真红树植物低. 原因是真红树植物主要分布于潮间带, 生境的含盐量要比半红树植物高得多, 故其主要靠积累 Na^+ 、 Cl^- 来进行渗透调节, 从而使自身的水势比外界土壤更低, 而半红树可能很大程度上依赖 K^+ 和糖类等渗透调节物质^[16]. 并且半红树植物叶片中的 K/Na 值比真红树高, 因为对某些盐生植物来说, 地上器官保持较高的 K/Na 比, 比单纯的减少 Na^+ 含量对其提高耐盐能力更重要^[17].

经统计发现, 真红树和半红树植物体内各器官的 Na 和 Cl 之间都存在极显著的正线性关系, 说明两者进入植物体后的行为相同; 真红树的 K 和 Na 、 K 和 Cl 之间也存在正相关关系, 但在半红树植物体内却不呈正相关, 在某些种内为明显负相关(黄槿和银叶树). 说明 K 和 Na 、 K 和 Cl 在真红树植物体内是协同关系, 在半红树植物体内却是拮抗关系, 也反映了半红树植物对 Na 和 Cl 有一定的排斥作用.

K 对于植物体来说是一种重要的营养元素, 光合作用及细胞内一些重要的代谢反应都需要 K 的存在. 从真红树和半红树植物的 $\text{K}:\text{Na}$ 离子吸收选择性可看出, 真红树植物中白骨壤 $\text{K}:\text{Na}$ 离子吸收选择性较高, 而拒盐红树植物红树和木榄的值较低. 这与之之前相关文献报道白骨壤对 K 有较强的选择吸收性相符^[18, 19].

从总体上讲, 真红树植物和半红树植物的根系在 $\text{K}:\text{Na}$ 离子吸收选择性上没有存在明显差异. 但从 $\text{K}:\text{Na}$ 离子运输选择性看, 半红树植物却比较高, 说明进入根系的部分 Na^+ , 从根系共质体进入木质部时受到卸载, 也是半红树植物地上器官的 K^+ 含量比 Na^+ 、 Cl^- 高的原因; 同时也说明真红树植物的叶片具较强的离子区隔化作用, 可以将大量的 Na^+ 储存于液泡中, 而通过少量的 K^+ 来维持细胞质的 K^+/Na^+ ^[20]. 而半红树植物虽然叶片中含较高的 K^+ , 但由于植物体内 Na^+ 和 Cl^- 含量太低, 即不能通过积累 Na^+ 和 Cl^- 来降低植物体各组织的渗透势, 限制了半红树植物只能在低盐的生境下生长^[10].

从不同径级根系中的 Cl^- 含量可看出, 真红树植物Ⅱ级或Ⅲ级根的含氯量较Ⅰ级根有明显的上升, 说明盐分在此被滞留, 导致了Ⅱ级或Ⅲ级根的盐分含量很高, 甚至超过叶片(木榄除外), 在Ⅳ级根的含量又有所下降. 王文卿和林鹏^[15]对红海榄不同径级根系的研究结果也发现 Na 、 Cl 含量在不同径级根系中的分布有类似趋势. 半红树植物的根系含氯量却无此特征, 可能是半红树植物的根系对盐分的外泄能力较强. 对这其中存在的抗盐机理还有待进一步研究.

争议物种银叶树被许多学者认为是嗜好淡水的半

红树植物^[3, 21, 22], 但也有些学者将其归为真红树^[23~25]. 从我们的研究结果看出, 银叶树在体内 Na^+ 、 Cl^- 含量, 叶片 K/Na 、不同径级根系 Cl^- 的变化趋势都与半红树植物相似. Paliyavuth^[26]等对白骨壤、木榄、木果楝(*Xylocarpus granatum*)、银叶树的研究结果也表明, 银叶树叶片的钠、氯含量相对于其它几个种明显偏低, 并认为是一些有机物质在维持渗透调节及水分平衡上起着重要作用.

聚类分析结果表明, 8种红树植物可分为三类: 银叶树、黄槿和水黄皮为一类, 即半红树植物; 红树和木榄归为一类; 而海桑和桐花树、白骨壤归为一类. 把泌盐红树植物与拒盐红树植物分开, 说明红树和木榄在体内盐分分布上相似. 而海桑虽然为非胎生红树植物, 但其耐盐能力却较强, 野外环境下有时与桐花树、白骨壤分布在同一潮带, 导致其在盐分分布特点上与泌盐红树植物接近.

本实验结果表明, 对真红树和半红树植物体内盐分分布特征进行对比研究, 探讨它们在抗盐机理上的区别, 可以从内部生理水平上区别真红树和半红树, 并对一些争议物种做出初步判断, 对加强红树林的管理和保护提供帮助.

参考文献:

- [1] Tansley A G, Fritsch F E. Sketches of vegetation at home and abroad (I): the flora of the ceylon littoral[J]. New Phytol., 1905, 4: 1- 17, 27- 55.
- [2] Sanger P, Hegerl E J, Davie J D S. Global status of mangrove ecosystems [J]. The Environmentalist, 1983, 3 (Suppl.): 1- 88.
- [3] Tomlinson P B. The Botany of Mangroves [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.
- [4] 林鹏, 傅勤. 中国红树林的环境生态及经济利用[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [5] 林鹏. 中国红树林种类及其分布[J]. 林业科学, 1987, 23: 481- 490.
- [6] 林鹏. 中国红树植物种类分布和林相类型[M]// 李振基. 环境与生态论丛. 厦门: 厦门大学出版社, 1993: 74- 79.
- [7] 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.
- [8] 王伯荪, 梁士楚, 张铸银, 等. 世界红树植物区系[J]. 植物学报, 2003, 45(6): 644- 653.
- [9] 赵亚, 郭跃伟. 真红树林植物化学成分及生物活性研究概况[J]. 中国天然药物, 2004, 2(3): 135- 140.
- [10] Naidoo G, Tuffers A V, von Willert D J. Changes in gas exchange and chlorophyll fluorescence characteristics of two mangroves and a mangrove associate in response to salinity in the natural environment[J]. Trees, 2002, 16:

- 140– 146.
- [11] Omer L S, Horvath S M, Setaro F. Salt regulation and leaf senescence in aging leaves of *Jaumea carnosa* (Less.) gray (Asteraceae), a salt marsh species exposed NaCl stress[J]. American Journal of Botany., 1983, 70 (3): 363– 368.
- [12] 任文伟, 钱吉, 马骏, 等. 不同地理种群羊草在聚乙二醇胁迫下含水量和游离脯氨酸含量的比较[J]. 生态学报, 2000, 20(20): 349– 352.
- [13] 任文伟, 罗岫泉, 郑师章. 不同种源羊草的 SOD、POD 的活性及丙二醛含量的比较[J]. 植物生态学报, 1997, 21(1): 77– 82.
- [14] 赵可夫. 植物抗盐生理[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 58– 60, 180– 184.
- [15] 王文卿, 林鹏. 红树植物体内元素分布特点与抗盐机理[J]. 林业科学, 2003, 39(4): 30– 36.
- [16] Popp M. Salt resistance in herbaceous halophytes and mangroves[J]. Progress in Botany., 1995, 56: 416– 429.
- [17] Maathuis F I M, Amtmann A. K^+ nutrition and Na^+ toxicity: the basis of cellular K^+/Na^+ ratios[J]. Ann. Bot., 1999, 84: 123– 133.
- [18] Ball M C, Farquhar G D. Photosynthetic and stomatal responses of two mangrove species *Aegiceras corniculatum* and *Avicennia marina*, to long term salinity and humidity conditions[J]. Plant Physiol., 1984, 74: 1– 6.
- [19] Medina E, Francisco M. Osmolality and $\delta^{13}C$ of leaf tissues of mangrove species from environments of contrasting rainfall and salinity[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1997, 45: 337– 344.
- [20] Tester M, Davenport R. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants[J]. Ann. Bot., 2003, 91: 503– 527.
- [21] Kartawinata K, Adisoemarto S, Soemodihardjo S, et al. Status Pengetahuan Hutan Bakau di Indonesia[M]// Soemodihardjo S, Nontji A, Djamali A. Proceedings of Seminar Ecosystem Hutan Mangrove. Jakarta: LIPI, 1979: 21– 39.
- [22] Mukherjee A K, Acharya L K, Mattagajasingh I, et al. Molecular characterization of three *Heritiera* species using AFLP markers[J]. Biol. Plant., 2003, 47(3): 445– 448.
- [23] Santisuk T. Taxonomy of the terrestrial trees and shrubs in the mangrove formation in Thailand[M]// The First UNDP/UNESCO Regional Training Course on Introduction to Mangrove Ecosystem. Bangkok: National Research Council, 1983.
- [24] Das A B, Basak U C, Das P. Karyotype diversity in three species of *Heritiera*, a common mangrove tree on the Orissa Coast[J]. Cytobios., 1994, 80: 71– 78.
- [25] Parani M, Lakshmi M, Senthilkumar P, et al. Molecular phylogeny of mangroves V. Analysis of genome relationships in mangrove species using RAPD and RFLP markers[J]. Theor. Appl. Genet., 1998, 97: 617– 625.
- [26] Paliyavuth C, Clough B, Patanaponpaiboon P. Salt uptake and shoot water relations in mangroves[J]. Aquat. Bot., 2004, 78(4): 349– 360.

The Salt Distribution Characteristics in True Mangrove Plants and Mangrove Associates

JIANG Qiao-lan, MU Mei-rong, WANG Wen-ting*, ZHAO Han-ping

(School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract The distribution of K, Na, Cl in different organs of unanimously true mangrove plants (*Rhizophora apiculata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Sonneratia caesolaria*, *Aegiceras corniculatum*, *Avicennia marina*), mangrove associates (*Hibiscus tiliaceus*, *Pongamia pinnata*) and the still controversial species *Heritiera littoralis* were studied in this paper. The results indicated: (1) Salt distribution between true mangroves and mangrove associates were significantly different. The Na and Cl contents in true mangroves were significantly higher than that of mangrove associates, but the K/Na ratios in leaves were lower. (2) The K:Na uptake selectivity ratios were not different between true mangrove plants (except *R. apiculata* and *B. gymnorhiza*) and mangrove associates. The K:Na transport selectivity ratios were significantly higher in mangrove associates than that of true mangrove plants. (3) In the true mangrove plants, the root Cl contents increased but later decreased with the increase of diameter, the mangrove associates hadn't. *H. littoralis* is better classified as mangrove associate from the characteristics of salt distribution.

Key words: true mangrove plants; mangrove associates; salt