

广西沙生红树植物—土壤相互作用及群落演替的研究

范航清

(广西红树林研究中心, 北海 536000)

尹毅 黄向东 邓仕芹

(广西师范大学生物系, 桂林 541004)

摘要 1992年于广西北海大冠沙测定了开阔海岸沙生白骨壤群落土壤的机械组成、有机碳和腐殖质的含量, 及红树群落的结构和生物量等。由向陆林带到向海林带, 土壤的粉粒粘粒含量和有机质含量随着群落树高和生物量的下降而降低, 植物在相当程度上决定了土壤的特征。木榄、红海榄只偶见于向陆林带, 桐花树和秋茄可生长到中间林带。这种分带现象部分地取决于土壤的质地和有机质含量。在土壤的垂直剖面上, 植物跟土壤间也存在与上述相似的关系。这些表明, 先锋红树植物白骨壤与土壤的共同进化为后来种创造了适宜的生境。在此基础上, 提出了广西沙生红树林演替的模式。

关键词 沙生红树林 植物—土壤相互作用 演替

群落演替是解决造林、次生林的改造和恢复、森林的人工抚育等生产问题的生态学理论基础。我国关于红树群落的结构和生态系列的问题在80年代已有详细的描述⁽¹⁻⁴⁾, 红树林土壤方面的工作亦有开展⁽⁵⁾。然而, 这些工作没能有机地结合起来。

广西海岸滩涂的总面积为1005km², 其中淤泥滩面仅占17%, 岩滩、沙滩和沙泥滩面积占83%。广西沿海沙滩和沙泥滩上红树林的分布相当广泛, 既是广西红树林生态系的重要组成部分, 又是恢复和发展红树林的重要对象。本文工作以广西北海市大冠沙沙生红树林为基地, 探讨土壤理化性质、群落的结构和生物量、群落演替之间的关系, 为广西北部湾海岸红树林生态系的恢复和发展提供科学依据。

1 自然条件和样地概况

本项研究的基地为广西北海半岛的大冠沙白骨壤群落(21°26'N, 109°14'E)。该地区属北热带季风湿润气候, 年平均气温22.4℃, 极端最低温0.5℃, 年太阳辐射量487.7kJ/cm², 年平均降水量1666.9mm, 年均相对湿度82%。白骨壤群落所处滩涂为开阔性海岸滩涂, 附近无河口, 潮汐为全日潮, 平均潮差2.36m, 最大潮差5.36m。大冠沙白骨壤群落面积约67hm², 林带宽150~400m, 沿海岸狭长分布, 总长约1.5km。该群落平均林龄约30a, 树高1.4m, 生

长密度 0.68 株/m², 叶面积指数 2.0, 郁闭度 0.94。群落混生有秋茄 (*Kandelia candel*) 和桐花树 (*Aegiceras corniculatum*), 个别地段偶有红海榄 (*Rhizophora stylosa*) 和木榄 (*Bruquiera gymnorhiza*) 幼树或幼苗出现。群落分布于中潮带, 陆缘为海堤, 向海林缘外的沙滩在低潮时宽可达 1~2km。沙滩上盛产星虫、贝、螺和蟹等海洋动物。

2 材料与方法

为了揭示红树群落和土壤的变化梯度规律, 将调查样地由靠陆林缘向靠海林缘依次划分为向陆林带、中间林带和向海林带。各林带宽度分别为 50m、150m 和 100m。在三个林带中部各设一个 10m×10m 的样方, 用平均标准木法^[5]测定群落地上部和地下部的生物量。地下部生物量的测定以标准木的树桩为中心, 设立 1m×1m 的样方, 以 30cm 为一层, 共挖 90cm 至基本无根。将每层的根用清水洗净, 分出树桩、粗根 ($D \geq 1\text{cm}$)、中根 ($1\text{cm} > D \geq 0.2\text{cm}$)、细根 ($D < 0.2\text{cm}$), 并分别称量鲜重。随机取地上部和地下部各组分部分样品称重, 105℃ 烘至恒重, 再推算各组分的干重和群落生物量。锯取样木的基盘用以测定树龄。

用土壤取样器于林带样方的四个转角处钻取土壤样品。以 20cm 为一层, 取至 100cm。同一样方相同层次的土壤混和后用于理化分析。在距向海林缘 25、50、100、200 和 > 200m 的光滩处, 平行于林缘, 每隔 10m 钻取一个土样, 每样线共有三个土样, 混和后用于理化分析。光滩土样均为 20~40cm 较稳定的土壤层。本项工作还钻取了大冠沙和广西英罗港红海榄立地土壤的样品, 以比较群落生长状况跟土壤间的关系。

土壤有机 C 的测定采用重铬酸钾法^[6], 腐殖质(酸)总量的测定采用焦磷酸钠浸提—重铬酸钾容量法^[6]。有机 C 的消解均使用 YL-8960 型低温联合消解仪(南京土壤研究所产)进行。土壤质地的分析采用简易比重计法, 并用苏制土壤质地的分类法进行土壤质地命名^[7]。

3 结果与讨论

3.1 土壤质地的变化规律

表 1 为大冠沙白骨壤群落和光滩土壤的质地分析结果。各样带砾粒(10~1mm)的平均含量在 22.9%~61.7% 之间, 砂粒(1.00~0.05mm)的平均含量在 54.3%~91.9% 之间, 显然为多砂砾土壤类型。

3.1.1 水平变化规律

由表 1 同样带不同土层的平均值可以看出, 大颗粒(>0.25mm)的含量由向陆林带到向海林带逐渐升高, 小颗粒(<0.25mm)含量由向陆林带到光滩则逐渐降低, 两者间以细沙(0.25~0.05mm)为变化的转折点。以<0.01mm 颗粒的平均含量来划分, 各样带的土壤质地类型分别是: 向陆林带中壤土, 中间林带砂壤土, 向海林带和光滩均为紧砂土。可见, 由向陆林带到光滩, 土壤质地越来越不适于植物的生长。

向海林带的砾粒含量(61.7%)高于光滩(49.5%), 粗砂(1.00~0.25mm)和细砂(0.25~0.05mm)的含量跟光滩接近。这是由于光滩表层的砾粒被潮水堆积到林缘所致。在某些地段, 堆积的砂粒可形成高达 80cm 的沙丘, 并伸入到白骨壤林内。

3.1.2 垂直变化规律

在向陆林带和中间林带, >0.05mm 颗粒的含量是上层土小于下层土, <0.05mm 颗粒的含量是上层土大于下层土。土壤质地在向海林带由上层的重壤土过渡到下层的轻壤土; 在中

Table 1 Mechanical composition of the soil at varied mangrove zones and exposed beach of transition to the sea, Daguansha, Beihai, Guangxi (1992)

Forest zone	Depth of soil (cm)	Percent composition of particle (mm)								Texture name
		10~1	1.00—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001	<0.01	
Landward	0~20	16.2	17.6	16.8	13.5	13.3	24.5	14.3	52.1	heavy loam
	20~40	19.1	21.9	23.1	12.9	8.3	20.8	13.0	42.1	medium loam
	40~60	26.7	32.6	33.0	7.9	3.5	10.2	12.8	26.5	light loam
	60~80	28.6	24.8	39.8	6.7	2.3	14.1	12.3	28.7	light loam
	80~100	23.7	24.4	37.2	9.1	3.2	13.2	12.9	29.3	light loam
	Mean	22.9	24.3	30.0	10.0	6.1	16.6	13.1	35.7	medium loam
Middle	0~20	30.3	20.3	53.6	4.6	6.9	4.1	10.5	21.5	light loam
	20~40	31.0	26.0	46.7	8.2	2.1	4.2	12.8	19.1	sandy loam
	40~60	40.0	28.0	47.1	7.5	1.2	4.6	11.6	17.4	sandy loam
	60~80	48.0	32.4	46.1	5.2	2.3	2.3	11.7	16.3	sandy loam
	80~100	80.5	31.1	45.8	6.4	1.3	6.3	9.1	16.7	sandy loam
	Mean	46.0	27.6	47.9	6.4	2.8	4.3	11.1	18.0	sandy loam
Seaward	0~20	73.7	76.2	15.3	0.8	0.7	2.5	4.5	7.7	tight sand
	20~40	60.5	81.6	11.5	0	0	3.0	3.9	6.9	tight sand
	40~60	56.9	48.5	45.6	0.5	0.4	5.0	4.5	5.4	tight sand
	60~80	58.7	55.9	33.0	1.5	0.5	4.3	4.8	9.6	tight sand
	80~100	58.7	56.1	32.5	2.9	0.6	2.9	5.0	8.5	tight sand
	Mean	61.7	63.7	27.6	1.4	0.6	3.5	4.5	7.6	tight sand
Beach25m	20~40	46.1	48.5	42.0	1.4	0.5	3.2	4.4	8.1	tight sand
	50m	29.8	80.2	10.7	0.8	0.4	2.8	5.1	8.3	tight sand
100m	20~40	59.5	71.4	18.4	2.0	0.5	2.5	5.2	8.3	tight sand
200m	20~40	57.9	66.5	29.0	0	0	0.6	3.9	4.5	tight sand
beyond200m	20~40	54.2	54.1	39.2	0.6	0.8	1.4	3.9	6.1	tight sand
	Mean	49.5	64.1	27.8	0.1	0.4	2.1	4.5	7.1	tight sand

Note: The distance of beach is from the seaward mangrove fringe.

间林带上层为轻壤土, 20cm 以下为砂壤土。向海林带和光滩的各层土壤间, 各级颗粒含量的变化不大, 各层均为紧砂土。

白骨壤的根系主要分布在 30~60cm 以上土层 (表 3), 而立地土壤 60cm 以下层仍为多砂砾质的轻壤土、砂壤土或紧壤土, 不存在上为砂砾质下为淤泥质的双层土壤结构。可见该处的白骨壤群落不仅是真正的沙生红树林, 而且大部分的现存植株发育于沙质滩涂。白骨壤能在这种一般红树植物难以生存的土壤上建群, 表明白骨壤具有很强的耐贫瘠性。

3.2 土壤有机质含量的变化规律

表 2 为三个林带不同土层有机碳 (OGC) 和腐殖质 (HUM) 含量的分析结果。同林带各土层的平均值表明, OGC 和 HUM 含量是向陆林带 > 中间林带 > 向海林带 > 光滩中的平滩 (表 4)。不同林带相同土层的平均值说明, 虽然 OGC 和 HUM 的含量从上层土到下层土有降低的趋势, 但变化幅度不大。该变化趋势在向陆林带最为明显, 中间林带次之, 而向海林带不仅未减小, 反而在下层土有所上升。向海林带 OGC 和 HUM 的垂直变化跟该林带群落曾遭受破

坏的事实有关。

在向海林带的土壤中残留有相当数量的死亡树桩,林缘和附近的光滩上死亡树桩更多,有的已被潮水冲蚀暴露。死亡植物体的分解会显著地提高土壤的有机质含量。这些死亡的树桩表明,向海林带的群落在历史上曾因人或自然的因素而大量死亡,林带宽度有所退缩,原先的林地滩涂逐渐为砂砾所覆盖,而现存的白骨壤群落的根系对40cm以上砂砾的改造作用小于树桩分解提高土壤有机质的作用,于是向海林带土壤的OGC和HUM含量出现了上层低下层高的分布格局。

Table 2 Contents (%DW) of soil organic carbon (OGC) and humic matter (HUM) at varied mangrove zones, Dagunsha, Beihai, Guangxi (1992)

Soil layer (cm)	Landward		Middle		Seaward		Mean±SD	
	OGC	HUM	OGC	HUM	OGC	HUM	OGC	HUM
0~20	2.05	0.50	1.33	0.30	0.08	0.07	1.15±1.10	0.29±0.22
20~40	1.75	0.43	1.53	0.37	0.22	0.07	1.16±0.83	0.29±0.19
40~60	1.15	0.40	1.43	0.43	0.56	0.10	1.05±0.44	0.31±0.18
60~80	1.45	0.33	1.05	0.17	0.47	0.10	0.99±0.49	0.20±0.12
80~100	1.36	0.33	1.12	0.17	0.38	0.10	0.95±0.51	0.20±0.12
Mean	1.55	0.40	1.29	0.29	0.34	0.09	1.06	0.26
±SD	±0.35	±0.07	±0.20	±0.18	±0.19	±0.02		

3.3 白骨壤群落的结构和生物量的分布规律

表3为三林带白骨壤群落的结构和生物量的分布情况。

3.3.1 群落结构

本群落的向海林带为白骨壤纯林,平均树高0.92m,林龄23a;中间林带偶有秋茄和桐花树,白骨壤平均树高1.02m,树龄26a;向陆林带有桐花树和秋茄伴生,偶有红海榄幼树和木榄幼苗生长,白骨壤平均树高2.05m,林龄35a。可见由向陆林带到向海林带群落的生长状况逐渐变差。此外,海洋固着动物危害程度表现为向海林带>中间林带>向陆林带。林下白骨壤幼苗密度由向陆林带到向海林带逐渐提高(表3)。向海林带的幼苗密度较大,与潮水冲流繁殖体和向海林带植株密度较小(0.62株/m²),阳光较充分等因素有关。每平方米白骨壤群落可结果实几十至几百,而幼苗密度仅为1.04~3.38株/m²,林下的幼树则更少。可见,白骨壤从果实到幼苗,到最终发育成幼树的概率极小。这是红树植物繁殖过程中的r对策和种群维持中的k对策的主要表现内容⁽⁹⁾。表3的结果还表明,该白骨壤群落正处在白骨壤→桐花树、秋茄→红海榄、木榄的进展演替过程中。

3.3.2 生物量的分布规律

表3的测定结果显示,白骨壤的地下部生物量主要分布在30~60cm以上土层,属浅根系植物。地上部和地下部的生物量都是:向陆林带>中间林带>向海林带。地下部生物量与地上部生物量的比值分别是向陆林带0.83,中间林带1.33,向海林带1.51。这说明越近海缘,植物体将越多的光合作用产物用于地下部的生长。与此相反,林冠的面积(冠幅)却由向陆林带到向海林带逐渐减少。在向海林缘,白骨壤的指状呼吸根的密度可高达100~250根/m²,辐射5~7m,辐射面积可比冠幅大30~60倍。这些特征是白骨壤从贫瘠的向海林带滩涂吸取养分,吸收氧气,抵抗海缘较强的风浪之生态适应的结果。

Table 3 The variances in mangrove species composition and biomass of *Avicennia marina* community from landward to seaward in Daguansha, Beihai, Guangxi (1992)

Forest zone	Landward	Middle	Seaward
Transection width of the zone (m)	50	150	100
Dominant species	<i>A. marina</i>	<i>A. marina</i>	<i>A. marina</i>
Associate species	<i>K. candel</i>	None	None
Occasional species	<i>A. corniculatum</i> <i>R. stylosa</i> <i>B. gymnorrhiza</i>	<i>K. candel</i> <i>A. corniculatum</i>	None
Tree density (No./m ²)	0.68	0.73	0.62
Seedling density (No./m ²)	1.04	2.09	3.38
Mean tree height (m)	2.05	1.02	0.92
Mean canopy area (m ²)	2.92	0.85	0.58
Mean tree age (a)	35	26	23
Biomass of soil of layer (kg/m ²)			
0~30cm	3.28	1.26	1.05
30~60cm	1.53	0.18	0.04
60~90cm	0.36	0.04	0.00
Underground biomass (kg/m ²)	5.17	1.48	1.09
Aboveground biomass (kg/m ²)	6.24	1.11	0.72
Total biomass (kg/m ²)	11.42	2.59	1.81
Ratio of underground to aboveground	0.83	1.33	1.51

4 红树植物与土壤的相互作用

将白骨壤群落的结构和生物量数据(表3)跟土壤的理化性质(表1、表2)进行比较,可以看出:随着群落生长状况的渐差和生物量的渐小,土壤的生长条件也逐渐变差。在陆源有

Table 4 The contents of soil (20~40 cm layer) organic carbon and humic matter at the shallow brackish waterways (about 20cm deep, 10m wide) and nearby flats on the sand beach with transition from mangroves fringe to the sea in Daguansha, Beihai, Guangxi

Distance from mangrove fringe (m)	Waterway (%DW)		Flat (%DW)	
	OGC	HUM	OGC	HUM
25	0.84	0.27	0.22	0.06
50	0.70	0.23	0.21	trace
100	0.63	0.20	0.17	trace
200	0.31	0.23	0.03	trace
Mean	0.62	0.23	0.16	0.06

向陆林带白骨壤群落地上部和地下部生物量高,向陆林带土壤有机质的来源也就较丰富。当然,向陆林带海浪小,林子促淤功能较强,有利于植物体有机质和其它海洋动物有机质的沉积。这些都会使向陆林带土壤有机质和粘粒含量高于其它两个林带。此外,红树林对土壤的改造作用还存在远距离的辐射效应。例如,大冠沙林外光滩有红树林水系流经的浅潮沟的土壤有机质含量比邻近的平滩高出近3倍(表4)。这种辐射效应可通过潮水的运动实现。白骨壤的凋落

物可以在林下滩涂,也可以被潮水冲到光滩快速分解^[10];立地土壤中的植物死体可被滩涂底栖动物搬到土表加速分解^[11],分解的物质被潮水扩散到其它的地点。

不同种类随潮带的分带生长是红树植物的共性^[1-4]。决定群落成带分布格局的根本因素是潮水,但在适合的潮带上成带分布能否发生和维持就与土壤条件有密切的关系。结合观察和表3的测定结果,可以得出对土壤的要求从高到低的顺序是:木榄、红海榄>秋茄>桐花树>白骨壤。红海榄一般要求富含有机质的深厚淤泥。例如,英罗港滩涂土壤的OGC和HUM分别是大冠沙的3.6和1.3倍,结果英罗港的红海榄可成大面积的纯林,树高达6m(表5)。

Table 5 Contents of soil organic carbon and humic matter at two *Rhizophora stylosa* standing sites in Guangxi

Location	Yingluo Bay		Daguansha	
	20°28'N, 109°43'E		21°26'N, 109°14'E	
Coastal situation	sheltered		exposed	
Forest description	large luxuriant forest		occasional trees	
Mean tree height (m)	6.0		1.7	
Soil of layer (cm)	OGC	HUM	OGC	HUM
0~20	4.17	0.53	1.20	0.47
20~40	4.76	0.60	1.18	0.30
40~60	2.91	0.40	1.07	0.30
60~80	3.56	0.37	1.08	0.37
80~100	4.55	0.23	1.01	0.20
Mean±SD	3.99±0.76	0.43±0.14	1.11±0.08	0.33±0.10

大冠沙的向陆林带虽有少量的红海榄幼树和个别木榄幼苗,但在中间林带和向海林带却未观察到任何一种生长的幼苗,导致这一结果的原因除土壤肥力不足和生物危害因素外,另一重要原因可能是随机飘来的红海榄和木榄难的长条胚轴难以固着。因为这两个林带的土质较为坚实,不利于大型胚轴的插入萌发。因此,在今后研究红树植物种群的发生和扩展问题时,应将土壤的物理硬度作为一个重要的因素加以探讨。

5 沙生红树林的演替模式

基于前文植物—土壤相互作用的认识,在此提出沙生红树林发生和演替的过程。1 潮水带来的白骨壤繁殖体偶然地在一个较适合的小生境中固着、萌发、生长,完成了先锋红树植物的侵入和定居的过程;2 先锋植株的生长改良了立地和附近滩涂的土壤条件,使得种群逐渐扩展到整个适宜的滩涂;3 经过多代白骨壤种群的改造,土壤有机质和粘粒含量增加,表层土适合于中大型胚轴的插入和固着生长;4 桐花树、秋茄的胚轴顺利地 在向陆林带和中间林带固着和生长;5 向陆林带风浪较小,生物危害程度较轻,群落发育较好,对土壤的改造快于中间林带和向海林带;6 当向陆林带的土壤质地和有机质大于某一阈值时,漂入的红海榄和木榄胚轴首先在该林带固着并生长发育成幼树;7 随着时间的推移,沙生红树林将由海缘到陆缘大体上成为白骨壤→桐花树、秋茄→木榄、红海榄的带状顶极群落。

上述模式主要考虑了红树植物自身的生物学和生态学特征,潮带和土壤理化性质三方面的因素。在自然状态下,影响红树群落发生和演替的因素相当复杂,如海洋固着动物危害、陆地生物危害、人为干扰、小地形、海岸演变等等,都可以在一定范围和一定程度上影响演替的过程,影响形成的群落结构。因此,上述模式在应用时必需根据具体情况加以修正。

参考文献

- 1 林鹏. 中国东南部海岸红树林的类群及其分布. 生态学报, 1981, 1 (3): 283~290.
- 2 陈树培, 林鹏. 红树林. 见: 吴征镒主编. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980: 402~410.
- 3 林鹏. 福建亚热带红树林生态学的研究. 植物生态学与地植物学丛刊, 1981, 5 (3): 177~186.
- 4 林鹏, 胡继添. 广西的红树林. 广西植物, 1983, 3 (2): 95~102.
- 5 张希然, 罗旋, 陈研华. 红树林和酸性潮滩土. 自然资源学报, 1991, 6 (1): 55~62.
- 6 木村允. 陆地植物群落生物量的测定法. 姜恕等译. 北京: 科学出版社, 1981: 59~105.
- 7 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983: 67~405.
- 8 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 466~502.
- 9 Tomlinson P B. The Botany of Mangroves. Cambridge University Press. 1986: 145~162.
- 10 卢昌义, 林鹏. 二种红树植物落叶分解速率的研究. 厦门大学学报 (自然科学版), 1988, 27 (6): 679~683.
- 11 Malley D F. Degradation of mangrove leaf litter by the tropical sesamid crab *Chiromantes onychophorum*. Marine Biology, 1978, 49: 377~386.

Interaction of Sandy Mangrove Plant—soil and Succession of Community in Guangxi

Fan Hangqing

(Guangxi Mangrove Research Center, Beihai 536000)

Yin Yi Huang Xiangdong Deng Shiqin

(Department of Biology, Guilin Normal University, Guilin 541004)

Abstract The soil mechanical composition, contents of organic carbon (OGC), humic matter (HUM) and mangrove community structure, biomass were measured in 1992 at an open coastal sandy *Avicennia marina* dominated forest in Daguansha, Beihai, Guangxi. The contents of soil silt, clay, GOC and HUM decrease with the decreasing mangrove tree height, aboveground and underground biomass, indicating that the soil properties are depended on plants to a great extent. *Bruguiera gymnorrhiza* and *Rhizophora stylosa* only occasionally occur at landward forest zone, but *Aegiceras corniculatum* and *Kandelia candel* can reach the middle zone. The zonation are partially governed by soil texture and organic matter. A similar relationship between plant_i and soil is also observed in vertical soil profiles. These suggest that the coevolution of pioneer *A. marina* and soil creates an adapted habitat for the posterior species. On this basis, a succession pattern of sandy mangrove community in Guangxi is developed.

Key words sandy, mangroves, plant—soil interaction, succession