

# 广西英罗港红树植物群落演替阶段的土壤化学性质\*

## Soil Chemical Properties at Succession Stages of Mangrove Communities in Yingluo Bay of Guangxi

何斌 温远光 刘世荣\*\*  
He Bin Wen Yuanguang Liu Shirong

(广西大学林学院 南宁市邕武路 16号 530001)

(Forestry College, Guangxi University, 16 Yongwulu, Nanning, Guangxi, 530001, China)

**摘要** 对广西英罗港红树植物群落主要演替阶段土壤化学性质进行比较分析。结果表明,随着进展演替,土壤全氮、全磷、碱解氮、有效磷、盐分、全硫、水溶性硫含量和交换性酸度均呈明显增长趋势,土壤有机质及富里酸(FA)和胡敏酸(HA)含量也有相同规律,土壤pH值则呈现相反的趋势。由此可见,红树植物群落的进展演替能增加土壤的养分含量,同时由于群落类型,特别是建群种的不同,土壤化学性状的变化呈现逐渐性和跳跃性的变化特征,而土壤化学性状的变化影响着红树植物对环境的适应,并为红树植物的进展演替提供了先决条件。

**关键词** 红树植物 群落 进展演替 土壤化学性质

中图法分类号 Q 948.885.3; S 714.5

**Abstract** The comparison was conducted for soil chemical properties at the main succession stages of mangrove communities in Yingluo Bay of Guangxi. As succession proceeded, the total N, total P, hydrolytic N, available P, total salt, total S, water soluble S and exchangeable acid increased distinctly. There was similar increase on the content of soil organic matter, humic acid (HA) and fulvic acid (FA), but soil pH value was in contrast. The results suggested that the soil nutrient content could increased with the progress of succession of mangrove, but the soil chemical property exhibited increase in both gradual and jumping, owing to the difference of community type, especially the difference of dominant species. The variation of soil chemical properties also influenced the adaptation of mangroves to the environment, and provided favorable prerequisites for progressive succession of mangrove.

**Key words** mangrove, community, progressive succession, soil chemical property

土壤是红树植物群落的重要环境因子,土壤化学性质作为土壤肥力的重要组成部分,反映土壤对红树植物根系供应养分的潜在能力,影响着红树植物群落的演替过程,而在红树植物群落演替的同时,也促进土壤化学性质的改变,为红树植物的进展演替提供较适宜的土壤化学条件。关于植物演替与土壤化学性质间的关系研究,国内外已有不少报道<sup>[1-3]</sup>,本文针对红树林酸性硫酸盐土的特点,对广西英罗港红树植物群落主要演替阶段土壤化学性质进行分析比较,为红

树林的保护、恢复和发展提供科学依据

### 1 研究区自然概况

研究区位于广西山口国家级红树林海洋生态自然保护区英罗港红树植物群落核心区内,约居北纬 $21^{\circ}28'$ ,东经 $109^{\circ}43'$ ;年平均气温 $22.4^{\circ}\text{C}$ ,极端最高气温 $37.4^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温 $-0.8^{\circ}\text{C}$ ;年平均降雨量为 $1816.5\text{mm}$ ;年平均相对湿度为 $81.8\%$ <sup>[4]</sup>。英罗港红树植物群落面积约 $80\text{hm}^2$ ,属港湾红树植物群落类型。群落类型主要有分别以白骨壤(*Avicennia marina*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、秋茄(*Kandelia candel*)、红海榄(*Rhizophora stylosa*)、木榄(*Bruguiera gymnorhiza*)为优势的群落,并依次由外滩向内滩呈带状分布,其间存在着一些过渡群落类型。

2000-12-06收稿,2001-03-12修回。

\* 国家“九五”科技攻关专题(编号:960070406)的部分内容。

\*\* 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所,北京,100091  
(Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing, 100091, China).

## 2 研究方法

### 2.1 样品采集

根据英罗港红树植物群落的演替进程,全面踏查群落,以群落组成和滩位为主导因子,在研究区内划分6个主要演替阶段(表1),每个演替阶段各设置3个10 m×5 m样方,用实测和径级平均加权重方法测定群落地上部分的生物量<sup>[4]</sup>,并用取土器在样方内按0 cm~20 cm和20 cm~40 cm分层采集土壤样品,把相同演替阶段样地相同层次土壤等比例混合,真空快速风干过筛后备用。

### 2.2 分析方法

土壤pH值用电位法;交换性酸和交换性铝用氯化钾交换-中和滴定法;全硫用硝酸镁氧化-硫酸钡比浊法<sup>[5]</sup>;水溶性硫用硫酸钡比浊法<sup>[5]</sup>;有机质用重铬酸钾氧化法;腐殖质组成用焦磷酸钠提取-重铬酸钾法;全氮用浓硫酸-高氯酸消化-氨电极法<sup>[6]</sup>;碱解氮用碱解扩散法;全磷用碱熔-钼锑抗比色法;有效磷用双酸浸提-钼锑抗比色法;含盐量用电导法。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤酸度与硫含量

从表2可见,英罗港红树林土壤pH值2.85~4.38,大多数属强酸性潮滩土,随着群落的演替过程呈减少趋势,全硫含量为0.32%~1.76%,并随演替过程呈明显的增大趋势,水溶性硫和交换性酸度也有相似的变化规律。相关分析表明,土壤pH值与全

表1 英罗港红树植物群落主要演替阶段样地情况

Table 1 Characteristics of the sampling plots at the main succession stages of mangrove community in Yingluo Bay

演替阶段 Succession stage	滩位 Beach position	土壤质地 Soil texture	覆盖度 Coverage (%)	组成树种 Tree composition	地上部分生物量 Above-ground biomass (×10 <sup>2</sup> t/hm <sup>2</sup> )
裸滩 Bare beach	外滩 <sup>1)</sup> Out-flat	砂土 Sand	0	-	-
白骨壤群落 <i>Avicennia marina</i> Community	外滩 <sup>2)</sup> Out-flat	壤质砂土 Sand loam	60	白骨壤 <i>A. marina</i> 、 桐花树 <i>A. corniculatum</i>	17.011
桐花树群落 <i>Aegiceras corniculatum</i> Community	中外滩 <sup>3)</sup> Mid-out-flat	壤质砂土 Loamy sand	80	桐花树 <i>A. corniculatum</i> 、 白骨壤 <i>A. marina</i>	29.772
秋茄群落 <i>Kandelia candel</i> Community	中滩 <sup>3)</sup> Mid-flat	砂质壤土 Loamy sand	75	秋茄 <i>K. candel</i> 、红海榄 <i>R. stylosa</i> 桐花树 <i>A. corniculatum</i> 、白骨壤 <i>A. marina</i>	62.757
红海榄群落 <i>Rhizophora stylosa</i> Community	内滩 <sup>4)</sup> inner-flat	壤土 Loam	90	红海榄 <i>R. stylosa</i> 、木榄 <i>B. gymnorrhiza</i>	92.336
木榄群落 <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> Community	内滩 <sup>4)</sup> inner-flat	壤土 Loam	45	木榄 <i>B. gymnorrhiza</i> 、红海榄 <i>R. stylosa</i>	75.175

1) 低潮线 Low tide line; 2) 中低潮线 Middle-low tide line; 3) 中潮线 Middle tide line; 4) 高潮线 High tide line

硫,水溶性硫和交换性酸度均呈极显著的对数负相关( $P < 0.01$ ),相关系数分别为-0.9231, -0.8942和-0.9633,而交换性酸度与全硫和水溶性硫的相关性也极显著。

### 3.2 土壤有机质含量及腐殖质组成

从表3可见,按全国第2次土壤普查暂行技术规程,各演替阶段土壤有机质含量均达到中等以上水平,并随着进展演替呈明显的增长趋势,特别是木榄群落和红海榄群落的有机质含量明显高于其它演替阶段。裸滩的有机质主要来源于潮水从内外滩带走并沉积于裸滩的凋落物,受波浪和潮水的影响最大,生物积累作用小,有机质含量最低。

从土壤胡敏酸和富里酸含量看,它们的变化规律与有机质含量相一致。回归分析表明,胡敏酸和富里酸与有机质的相关系数分别为0.9808和0.9750,均达到极显著相关( $P < 0.01$ ),表明它们之间的关系极为密切;而从裸滩到秋茄群落阶段,胡敏酸和富里酸含量的变化趋势不很明显,表明这些演替阶段均有相近的腐殖质合成和积累作用。不同演替阶段土壤腐殖质组成均以富里酸为主,说明在厌氧和酸性的渍水环境下,土壤胡敏酸的合成量少,但有利于富里酸的合成和积累。

不同演替阶段土壤腐殖质中残渣碳比均大于69.6,土壤的C/N比则达到24.8~41.0,明显高于大多数农业土壤和陆地森林土壤,可见厌氧酸化的环境条件下,对土壤的腐殖化过程产生较大的阻碍作用。

表 2 英罗港红树植物群落主要演替阶段土壤酸度和含硫量

Table 2 Soil acidity and sulfur content at main succession stages of mangrove community in Yingluo Bay

演替阶段 Succession stage	深度 Depth (cm)	pH值	交换性酸 Exchange acidity (cmol/kg)	交换性铝 Exchange Al (cmol/kg)	全硫 Total S (g/kg)	水溶性硫 Water soluble S (g/kg)
裸滩 Bare beach	0~ 20	4.48	1.37	1.04	3.26	0.20
	20~ 40	4.20	2.26	1.97	3.59	0.24
白骨壤群落 Community <i>Avicennia marina</i>	0~ 20	3.73	2.53	1.72	4.36	0.35
	20~ 40	4.12	2.05	1.95	5.03	0.37
桐花树群落 Community <i>Aegiceras corniculatum</i>	0~ 20	3.65	6.13	5.03	4.80	0.36
	20~ 40	3.28	5.62	4.85	5.39	0.38
秋茄群落 Community <i>Kandelia candel</i>	0~ 20	3.46	7.39	5.88	7.78	0.36
	20~ 40	3.16	12.26	7.68	8.97	0.56
红海榄群落 Community <i>Rhizophora stylosa</i>	0~ 20	3.03	16.09	14.64	15.74	0.87
	20~ 40	2.85	23.05	20.17	16.91	1.19
木榄群落 Community <i>Bruguiera gymnorhiza</i>	0~ 20	3.26	13.44	10.89	16.30	0.97
	20~ 40	2.91	20.92	15.37	17.67	1.12

表 3 英罗港红树植物群落主要演替阶段土壤有机质含量及腐殖质组成

Table 3 Soil organic matter content and composition of humus at main succession stages of mangrove communities in Yingluo Bay

演替阶段 Succession stage	深度 Depth (cm)	有机质 Organic matter (g/kg)	可提取腐殖质 Extractable humus (g/kg)	胡敏酸 Humic acid (g/kg)	富里酸 Fulvic acid (g/kg)	残渣碳比 Remnant C (%)	胡敏酸/富里酸 HA/FA (%)	C/N
裸滩 Bare beach	0~ 20	10.36	3.15	1.12	2.03	69.6	55.2	27.3
	20~ 40	11.92	2.92	0.97	1.95	75.5	49.7	26.6
白骨壤群落 Community <i>Avicennia marina</i>	0~ 20	15.88	3.38	1.26	2.12	78.7	59.4	25.6
	20~ 40	14.23	3.19	1.13	2.06	77.6	54.8	34.4
桐花树群落 Community <i>Aegiceras corniculatum</i>	0~ 20	24.36	5.89	1.69	4.20	75.8	40.2	29.4
	20~ 40	18.47	4.72	1.46	3.47	74.4	42.1	30.6
秋茄群落 Community <i>Kandelia candel</i>	0~ 20	30.10	7.26	2.20	5.06	75.9	43.5	24.8
	20~ 40	23.12	4.93	1.74	3.19	78.7	54.5	38.3
红海榄群落 Community <i>Rhizophora stylosa</i>	0~ 20	53.70	1.06	3.04	6.51	80.3	46.7	27.1
	20~ 40	50.95	8.39	2.76	5.63	83.5	49.0	41.0
木榄群落 Community <i>Bruguiera gymnorhiza</i>	0~ 20	66.72	13.84	4.35	9.49	79.3	45.8	28.4
	20~ 40	73.53	14.57	5.06	9.51	80.2	53.2	37.8

### 3.3 土壤氮素含量

从表 4 可见,土壤全氮含量随着进展演替呈明显的增大趋势,并且木榄群落和红海榄群落明显高于其它演替阶段,这与土壤有机质含量的变化趋势相一致,表明土壤全氮与有机质含量有极显著的正相关关系 ( $r = 0.9633, P < 0.01$ ),反映红树植物演替过程对有机质和全氮的生物积累均有明显的促进作用,但与较高的有机质含量相比,全氮含量并不高,说明厌氧酸化环境不利于氮的积累。而在层次分布上,除裸滩外,其它演替阶段的全氮含量均为表层 (0 cm~ 20 cm) 高于底层 (20 cm~ 40 cm),显然与凋落物的影

响有关

表 4 表明,土壤碱解氮含量随演替过程而呈梯度增大,红树植物的含量明显高于裸滩,表现出与全氮含量相同的变化趋势,表明进展演替同时也能促进碱解氮的生物积累

### 3.4 土壤磷素含量

各演替阶段土壤全磷含量仅为 0.087 g/kg~ 0.315 g/kg,均属于缺乏水平。但随着进展演替,群落类型,尤其是优势种的变化,群落生物累积和循环作用增强,土壤全磷含量也逐渐增大,说明演替对磷的生物积累也有促进作用

表 4 英罗港红树植物群落主要演替阶段土壤养分和盐分含量

Table 4 Soil nutrients and total salt content at main succession stages of mangrove community in Yingluo Bay

演替阶段 Succession stage	深度 Depth (cm)	全氮 Total N (g/kg)	全磷 Total P (g/kg)	碱解氮 Hydrolytic-N (mg/kg)	有效磷 Available-P (mg/kg)	全盐 Total salt (g/kg)
裸滩 Bare beach	0~ 20	0.20	0.087	31.6	2.78	10.20
	20~ 40	0.24	0.102	27.8	3.15	12.42
白骨壤群落 Community <i>Avicennia marina</i>	0~ 20	0.36	0.163	78.6	7.46	13.20
	20~ 40	0.27	0.115	39.5	6.20	13.70
桐花树群落 Community <i>Aegiceras corniculatum</i>	0~ 20	0.54	0.187	84.2	9.27	14.36
	20~ 40	0.35	0.129	50.1	8.05	16.85
秋茄群落 Community <i>Kandelia candel</i>	0~ 20	0.58	0.194	96.3	8.87	19.86
	20~ 40	0.37	0.146	56.6	7.14	17.28
红海榄群落 Community <i>Rhizophora stylosa</i>	0~ 20	1.15	0.263	187.1	12.15	28.14
	20~ 40	0.72	0.235	122.4	9.42	25.17
木榄群落 Community <i>Brugiera gymnorhiza</i>	0~ 20	1.36	0.309	203.7	14.32	31.12
	20~ 40	1.19	0.315	153.3	12.15	36.50

土壤速效磷含量在演替阶段中呈增长趋势,除裸滩明显低于其它演替阶段外,木榄群落与红海榄群落之间,秋茄群落、桐花树群落和白骨壤群落之间,土壤速效磷的变化趋势不很明显,这可能与不同红树植物群落中土壤磷的转化和红树植物对速效磷的吸收性能差异有关。

### 3.5 土壤盐分含量

从表 4 可见,红树植物群落土壤含盐量明显高于光滩,并随演替过程呈增长趋势,反映不同演替阶段生物积盐能力和抗盐系统(拒盐、泌盐)不同而有所差异,同时也与各群落的现存生物量大小变化规律基本一致。

盐分含量在各演替阶段土壤剖面的垂直分布均为底层土>表层土。

## 4 讨论

研究表明,英罗港不同红树植物群落土壤化学性质具有典型的红树林土壤特点,土壤中全硫含量远高于我国南方陆地及一般滨海土壤中的硫含量,导致土壤显著酸化<sup>[7~9]</sup>;土壤有机质含量较高,但全氮、水解氮含量并不高,C/N明显偏大,反映厌氧和强酸环境条件对土壤化学性质的影响<sup>[10,11]</sup>。

英罗港不同红树植物群落演替阶段的土壤化学性质,特别是土壤养分含量明显不同,反映红树植物种类之间对土壤化学性状的要求和适应性的差异<sup>[12,13]</sup>,但与陆地生态系统相比,处于同一潮滩的英罗港红树植物群落,其演替阶段对土壤化学性质的影响不完全相同。一方面,不同演替阶段土壤化学性质

受到群落类型,尤其是群落中红树植物优势种的生长速度、残落物量及其营养元素含量的影响;另一方面,由于群落所在潮带的不同,其土壤化学性质受到潮水和波浪的影响也不同,而后者正是不同红树植物成带状分布并得以维持的主要原因。

群落演替实际是群落中优势种的直接竞争而发生的替代过程,同时也是其环境条件累积性变化的结果。土壤作为红树植物群落环境条件的主要因子,其化学性质反映了土壤的基本属性,影响着群落的物种竞争和更替,某一演替阶段的土壤化学性状,既是在此之前群落与土壤相互作用的结果,同时也为下一阶段的演替创造了比较适宜的条件。英罗港裸滩土壤质地粗(砂土),养分含量低,而白骨壤极耐瘠薄,其胎生苗数量多且小而轻,易随波浪和潮水漂流,因而在裸滩上最先侵入、定居并形成先锋树种。白骨壤根系发达,分布范围相当于冠幅的3~5倍,具有较强的摄取养分和固沙聚泥能力,通过生物积累,促进土壤化学性质的改变,使土壤养分含量得到提高,为耐瘠薄能力稍差的桐花树的侵入创造了条件。桐花树多呈灌丛状,其种群繁殖能力和促淤能力较强,促使群落内淤泥增多,土壤质地由砂土演化为壤质砂土,同时改善了土壤化学性状,使秋茄得以入侵并逐渐更新占据优势而形成秋茄群落。随着秋茄的生长、发育,群落内淤泥沉积增多,土壤质地由砂质壤土演化为壤土,土壤化学性质尤其是土壤盐分含量增多,已不适于秋茄的生长,逐渐为对此比较适应的红海榄侵入并取代。随着红海榄群落的发展,土壤淤积增厚,地表

(下转第 160 页 Continue on page 160)

草鱼、胡子鲶相当,但比鳊鱼低 51.11%; 锰的含量比黄鳝低 50%,比草鱼、鳊鱼、胡子鲶高 2.33~ 4倍; 硒的含量则比表 7中其它鱼类高 3.95~ 50.47倍。说明斑鳊肌肉中矿物质的含量十分丰富,尤其是磷、锌和硒的含量比一些养殖鱼类高出数倍。

常食斑鳊有利于补充人体生命过程中所需要的锌、硒等矿物质,对儿童的生长发育和中老年人的防癌及抗衰老等均有积极的作用。

### 3 小结

综上所述,斑鳊是一种含肉率较高的高蛋白、低脂肪的淡水优质鱼类,并含有丰富的矿物质,具有较高的养殖价值和开发利用前景。

#### 参考文献

- 1 广西水产研究所,中国科学动物研究所编著. 广西淡水鱼类志. 南宁: 广西人民出版社, 1981.
- 2 李骏民,许镇平,陈洁. 斑鳊的人工繁殖试验. 水产科技情报, 1998, 25 (1): 30~ 32.

- 3 潘峙. 斑鳊的池塘养殖. 中国水产, 1993, (4): 24.
- 4 杨家坚,林勇,梁军能等. 斑鳊常见病害防治技术. 内陆水产, 2000, 25 (20): 41~ 42.
- 5 Pellett P L, Young V R. Nutritional evaluation of protein foods. The United National University, Printed in Japan, 1980. 26~ 29.
- 6 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所编著. 食物成分表 (全国分省值). 北京: 人民卫生出版社出版, 1991.
- 7 赵法,陈洪章,沈漪萍等. 酶解猪血纤维蛋白的营养评价. 营养学报, 1984, 6 (1): 27~ 33.
- 8 严安生,熊传喜,钟健旺等. 鳊鱼含肉率及鱼肉营养成分的研究. 华中农业大学学报, 1995, 14 (1): 80~ 84.
- 9 陈定福,何学福,周启贵. 南方大口鲶和鲶鱼的含肉率及鱼肉营养成分. 动物学杂志, 1990, 25 (1): 7~ 9.
- 10 王佳喜,胡少华,黄畛. 大口胭脂鱼含肉率及肌肉营养成分的测定. 淡水渔业, 1997, 27 (2): 12~ 15.
- 11 黄峰,严安生,熊传喜等. 黄颡鱼的含肉率及鱼肉营养成分评价. 淡水渔业, 1999, 29 (10): 3~ 6.
- 12 陈芳,杨代勤,方长琰等. 月鳢和乌鳢肌肉营养成分的比较研究. 水产科学, 1999, 18 (5): 6~ 7.

(责任编辑: 邓大玉)

(上接第 151页 Continue from page 151)

升高,潮水浸泡时间减少,原来的淤泥固结为半硬化状,已不适于红海榄的生长,逐渐为适生于对土壤养分条件要求高且为半硬化淤泥的演替后期树种木榄替代。由此可见,红树植物群落的演替过程,同时也是红树植物与土壤相互作用和相互影响的过程,土壤化学性状尤其是土壤养分水平的改变,会引起树种适应和竞争能力的改变,促进群落中物种的更替。因此,土壤化学性质特别是土壤养分水平的提高是引起红树植物演替的重要条件之一。

#### 参考文献

- 1 张全发,郑重,金义兴. 植物群落演替与土壤发展之间的关系. 武汉植物研究, 1990, 8 (4): 325~ 334.
- 2 Parrish A G. Responses of plants from three successional communities on a nutrient gradient. J Ecol, 1982, 70: 233~ 248.
- 3 Tilman D. The resource ratio hypothesis of succession. Amer Natur, 1985, 125: 827~ 852.

- 4 温远光. 广西英罗港 5种红树植物群落的生物量和生产力. 广西科学, 1999, 6 (2): 142~ 147.
- 5 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983. 120~ 122, 209~ 210.
- 6 何斌. 植物氮、磷、钾的自控远红外快速联合测定和测定法. 理化检验 (化学分册), 1992, 28 (4): 44~ 45.
- 7 刘崇群,曹淑卿,陈国安等. 中国南方农业中的硫. 土壤学报, 1990, 27 (4): 398~ 404.
- 8 刘兆辉,王遵亲. 我国滨海酸性硫酸盐土壤中几种不同形态的酸. 土壤学报, 1992, 29 (4): 401~ 407.
- 9 龚子同,张效朴. 中国的红树林与酸性硫酸盐土. 土壤学报, 1994, 31 (1): 86~ 93.
- 10 张希然,罗旋,陈研华. 红树林和酸性滩涂土. 自然资源学报, 1991, 6 (1): 55~ 61.
- 11 林鹏,中国红树林生态系. 北京: 科学出版社, 1997. 1, 30~ 32.
- 12 温肇穆. 广西红树林植物化学元素含量的初步研究. 热带林业科技, 1987, (2): 9~ 24.
- 13 蓝福生,李瑞棠,陈平等. 广西海滩红树林与土壤的关系. 广西植物, 1994, 14 (1): 54~ 59.

(责任编辑: 邓大玉)