

湛江红树林保护区大型底栖动物的群落结构^{*}

唐以杰^{1,2}, 余世孝¹

(1 中山大学生命科学院生态学系/有害生物控制与资源利用国家重点实验室 广州 510275)

2 广东教育学院生物系 广州 510303)

摘要 目的: 对广东湛江红树林保护区大型底栖动物群落结构及其与红树植物群落、环境因子的关系进行分析。方法: 用大型多元统计软件 PRIMER 对采样调查的数据进行分析。结果: 种群的相对重要性存在着地点和季节的差异。聚类和非参数多变量标序分析显示, 大型底栖动物群落结构存在季节差异; 相似性分析检验表明动物群落结构季节间差异极显著 ($p < 0.01$), 不同剖面的动物群落结构差异也极显著 ($p < 0.01$); 相关检验分析表明, 群落结构季节间存在显著的正相关关系 ($p < 0.05$)。相似性百分比分析表明由于某些大型底栖动物优势种的数量存在较大的季节波动, 造成群落结构季节间的差异。相关检验分析表明两个红树剖面春季和夏季大型底栖动物的种类丰度和生物量均与对应的红树植物群落特征、环境因子测定值呈显著或极显著相关 ($p < 0.05$ 或 $p < 0.01$); 生物-环境分析显示, 两个红树剖面大型底栖动物群落结构均与土壤机械组成、pH、盐分、有机质含量、潮位线和红树植物群落相关。结论: 研究表明, 季节、底质、潮位线和红树植物群落是影响大型底栖动物群落结构变化的主要因子。

关键词: 红树林; 大型底栖动物; 群落结构

中图分类号: 文献标识码:

Community Structure of Macrofauna in Zhanjiang Mangrove Nature Reserves

TANG Yi-jie^{1,2}, YU Shi-xiao¹

(1 Department of Ecology/ State Key Laboratory of Biocontrol, School of Life Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510275)

2 Dept. of Biology, Guangdong Education Institute, Guangzhou, 510303, P. R. China)

ABSTRACT Objective: The community structure of macrofauna and its relationship to the mangrove and environmental factors were studied in Zhanjiang Mangrove Nature Reserves, Guangdong, China. **Methods:** The large and diverse statistics software PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) was used to analyze the data of quantitative sampling in Zhanjiang Mangrove Nature Reserves.

Results: The indices of relative importance (IRI) of macrofauna species were different in different stations and seasons. Cluster analysis and MDS (non-metric Multi-Dimensional Scaling) ordination of macrofauna show that the community structure of macrofauna of same stations during Spring and Summer from dayao and hongzhai village sections of mangrove took place varieties. 1-way layout ANOSIM (analysis of similarities) reveals that the community structure of macrofauna in same stations during different seasons or in same season during different stations from the two sections of mangrove were obviously different ($p < 0.01$). RELATE shows the community structure of same stations during Spring were obviously positive correlation with it during Summer ($p < 0.05$). SIMPER shows the numbers of some dominant species of macrofauna had big season motion so that the community structure of macrofauna were different during different seasons. RELATE analysis shows that the density and the biomass of macrofauna of two sections of mangrove during Spring or Summer were obvious correlation with community characteristics of mangrove and environment factors. Biota-Environment stepwise analysis (BVSTEP) shows that the community structure of macrofauna from both sections of mangrove were correlation with Soil mechanical composition, pH, salt soil organic matter, the tidal flat and mangrove community. **Conclusion:** The results reveal that season, bottom sediment, tide line and mangrove community were main factors that affect the community structure of macrofauna.

Key words: Mangrove; Macrofauna; Community structure

红树林生态系统是海岸湿地生态系统中的特殊类型, 它大多分布于热带、亚热带的河口, 其生态类型是世界上生产力最高的生态系统之一。大型底栖动物是红树林生态系统中的重要组成部分, 也是该生态系统能量流动、物质循环中的消费者和转移者。它们通过摄食、掘穴和排泄等活动与周围环境发生着相互影响, 其群落结构是认识红树林环境特点、预测红树林环境质量的重要指标^[1]。但在以往红树林区底栖动物的研究中, 研究者注重的是底栖动物种类组成、数量分布和季节变化, 底栖动物群落结构分析却鲜有报道^[2]。而且, 环境因子的研究, 主要集中在底质、盐度和潮汐等因子, 往往忽略了林

区中红树植物群落的影响。其实, 红树林区的生境与裸滩不同, 即使同一林区的不同剖面, 只要红树植物群落不同, 其林下土壤化学性状也有较大的差别, 这是否导致林区内底栖动物的群落结构的差别? 这方面尚未见报道。

湛江红树林自然保护区底栖动物的研究方面, 已有零星报道^[3-5], 但未见大型底栖动物群落结构的研究报道。然而像湛江红树林自然保护区这样重要的湿地, 现开展底栖动物的群落结构的研究是很有必要及迫切的。本文选取湛江红树林自然保护区高桥镇核心区德耀、红寨村两个红树植物群落差别较大的剖面, 比较林内大型底栖动物群落结构的差异, 同

* 基金资助: 国家骨干教师培养基金, 中山大学张宏达科学研究基金, 广东教育学院骨干教师研究基金

作者简介: 唐以杰, 男, (1972-), 博士生, 讲师, 主要从事动物生态学研究, Tel: 020-34113420 或 13226612512 E-mail: tyj@gdei.edu.cn

(收稿日期: 2006-05-09 接受日期: 2006-05-30)

时探讨了大型底栖动物群落结构及其与周围红树植物群落、环境因子的关系,以便为该区域红树林生态系统的保护和持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集、处理和分析

分别于 2005 年 4、7 月,在广东湛江红树林保护区高桥镇核心区的德耀、红寨村各设立一个与海岸线垂直的红树林剖面,分别在距离海岸 35、65、95、125、155、185、215、275、305、335m 和 405m(德耀村)(图 1 和图 2 用 A1、A2、A3、A4、A5、A6、A7、A8、A9、A10 和 A11 表示),70、90、100、130、160、190、220、250、280、310、340、420、450 m 和 470m(红寨村)(图 3 和图 4 用 C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8、C9、C10、C11、C12、C13 和 C14 表示)的地方布设站位,每个站位布设一个 10m×5m 的样方,对样方内所有植物进行全面调查,测定每棵树的树高、树冠幅(南北×东西)、枝下高、胸径,并计算出各样方红树植物的平均树高(m)、平均树冠幅(NS×EW)(m)、平均枝下高(m)、基盖度(%)及平均密度(株/m²)。同时,每个样方按对角线随机选 5 个样点,挖取 0~30cm 层的土,均匀混合,取 1kg 左右的混合土壤作为测试样品。土壤机械组成、盐分和有机质含量分别用比重计法、重量法和重铬酸钾法测定,pH 值用电位法,每个样品 3 次重复。大型底栖动物的调查,在每个 10m×5m 的红树植物样方内,采用 25cm×25cm 的定量样框,取 4 个样框,合并为一个样方,先检出框内底表动物,再挖至 30cm 深的底泥,用 0.5mm

孔径筛子分选出底内动物,所获样品用 5% 的甲醛溶液现场固定,于实验室内分析鉴定。室内样品称重、计算和资料分析整理均按海洋调查规范海洋生物调查(GB 12763.6-91)的要求进行。

1.2 数据的处理

1.2.1 相对重要性指数(IRI)的计算:相对重要性指数全面考虑了大型底栖动物种群的个体大小、数量和分布情况,从而能定量地反映出它们在该林区的地位和数量分布的变化情况^[9],其计算公式为:

$$IRI = (W + N) \times F$$

式中 W 为某一种群的生物量占大型底栖动物总生物量的百分比,N 为该种群的丰度占大型底栖动物总丰度的百分比,F 为该种群出现的频率。

1.2.2 群落结构的分析:为减少机会种对群落结构的干扰,先删除在总体中相对丰度小于 1% 的种,但保留其中在任一取样站相对丰度大于 3% 的种。然后用大型多元统计软件 PRIMER 软件包中的多变量分析等方法对群落结构进行研究^[7,8]。

2 结果

2.1 两个季节两个剖面间群落结构的比较与分析

表 1 和表 2 分别为德耀和红寨村两个红树断面春季和夏季采样中相对重要性指数占前 10 位的种名录。可以看出,大型底栖动物种群的相对重要性存在季节和地点的差异。

表 1 德耀村红树剖面春季和夏季采样中主要大型底栖动物的相对重要性指数

Table 1 Indices of relative importance (IRI) of dominating macrofauna species during Spring and Summer in the mangrove beside Deyao village			
种名 Species	春季相对重要性指数 IRI in Spring	种名 Species	夏季相对重要性指数 IRI in Summer
琵琶拟沼螺 <i>Assiminea lutea</i>	6736	黑口滨螺 <i>Littoraria melanostoma</i>	2119
悦目大眼蟹 <i>Macrophthalmus erato</i>	1030	琵琶拟沼螺 <i>Assiminea lutea</i>	2009
黑口滨螺 <i>Littoraria melanostoma</i>	910	悦目大眼蟹 <i>Macrophthalmus erato</i>	1061
褐蚶 <i>Didimarc tenebrica</i>	450	宽身闭口蟹 <i>Cleistostoma dilatatum</i>	665
文蛤 <i>Meretrix meretrix</i>	407	三角招潮 <i>Uca triangularis triangularis</i>	480
宽身闭口蟹 <i>Cleistostoma dilatatum</i>	393	可口革囊星虫 <i>Phascolosoma esculenta</i>	302
沈氏厚蟹 <i>Helice sheni</i>	298	长足长方蟹 <i>Metaplex longipes</i>	242
扁平拟闭口蟹 <i>Paracleistostma depressum</i>	152	珠带拟蟹守螺 <i>Cerithidea cingulata</i>	210
粗糙滨螺 <i>Littorina scaber</i>	144	台湾泥蟹 <i>Ilyoplax formosensis</i>	208
红树蚬 <i>Polymesoda erosa</i>	142	红树蚬 <i>Polymesoda erosa</i>	193

表 2 红寨村红树剖面春季或夏季采样中主要大型底栖动物的相对重要性指数

Table 2 Indices of relative importance (IRI) of dominating macrofauna species during Spring and Summer in the mangrove beside Hongzhai village			
种名 Species	春季相对重要性指数 IRI in Spring	种名 Species	夏季相对重要性指数 IRI in Summer
扁平拟闭口蟹 <i>Paracleistostma depressum</i>	2761	宽身闭口蟹 <i>Cleistostoma dilatatum</i>	2521
琵琶拟沼螺 <i>Assiminea lutea</i>	1893	文蛤 <i>Meretrix meretrix</i>	1547
宽身闭口蟹 <i>Cleistostoma dilatatum</i>	470	琵琶拟沼螺 <i>Assiminea lutea</i>	768
中华伪露齿螺 <i>Pseudoringicula sinensis</i>	223	弧边招潮 <i>Uca arcuata</i>	372
褶皱相手蟹 <i>Sesarma plicata</i>	202	黑口滨螺 <i>Littoraria melanostoma</i>	349
耳螺科一种 <i>a Species of Ellobiidae</i>	168	双齿相手蟹 <i>Sesarma bidens</i>	165
文蛤 <i>Meretrix meretrix</i>	57	蛄蛄虾 <i>Upogebia sp</i>	75
黑口滨螺 <i>Littoraria melanostoma</i>	52	细螯沼虾 <i>Macrobrachium superbum</i>	64
三角招潮 <i>Uca triangularis triangularis</i>	34	珠带拟蟹守螺 <i>Cerithidea cingulata</i>	62
弧边招潮 <i>Uca arcuata</i>	30	扁平拟闭口蟹 <i>Paracleistostma depressum</i>	47

图 1 和图 2 分别是根据德耀村红树剖面 4 月份(春季)采样中累计占 92.61% 的 12 种和 7 月份(夏季)采样中累计占 91.12% 的 19 种大型底栖动物种类丰度的相似性矩阵所做的

聚类和非参数多变量标序图。可以看出春季和夏季该剖面底栖动物的群落结构发生了变化。

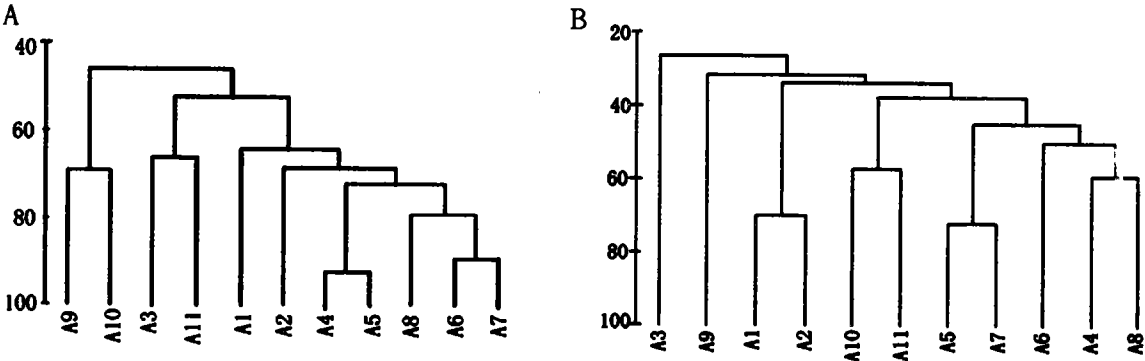


图 1 德耀村红树剖面春季和夏季大型底栖动物群落结构的聚类图
Fig. 1 The hierarchical cluster dendrogram of macrofauna species from deyao village section of mangrove during Spring and Summer
a 春季 during Spring b 夏季 during Summer

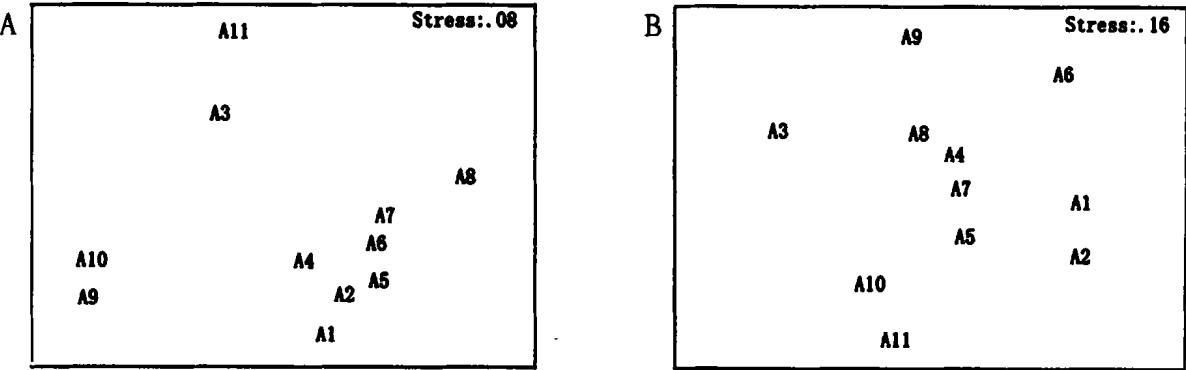


图 2 德耀村红树剖面春季和夏季大型底栖动物群落结构的非参数多变量标序图
Fig. 2 MDS ordination of macrofauna from deyao village section of mangrove during Spring and Summer
a 春季 during Spring b 夏季 during Summer

图 3, 4 是根据红寨村红树剖面 4 月份采样中累计占 90.63% 的 16 种和 7 月份采样中累计占 90.54% 的 17 种大型底栖

动物种类丰度的相似性矩阵所做的聚类和非参数多变量标序图,可以看出两次采样底栖动物群落结构也发生了变化。

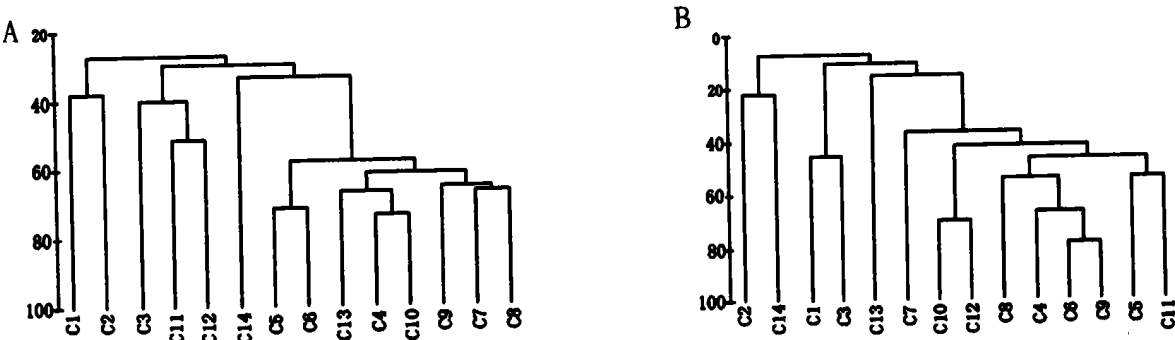


图 3 红寨村红树剖面春季和夏季大型底栖动物群落结构的聚类图
Fig. 3 The hierarchical cluster dendrogram of macrofauna species from hongzhai village section of mangrove during Spring and Summer
a 春季 during Spring b 夏季 during Summer

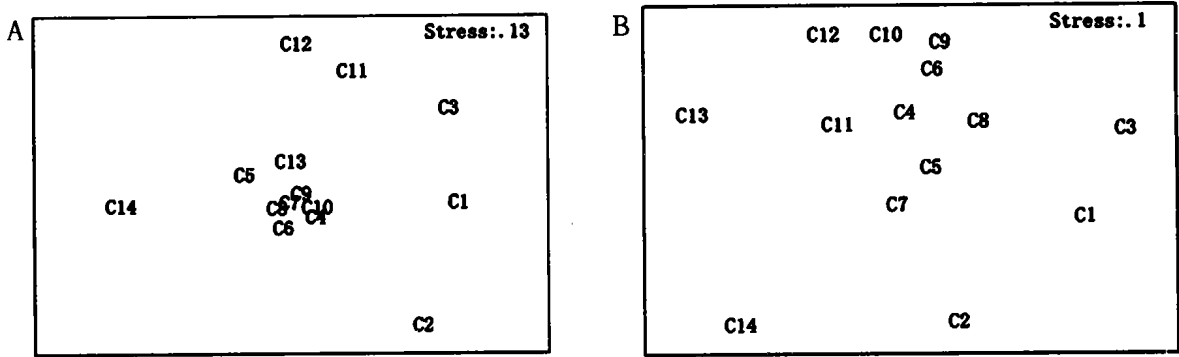


图4 红寨村红树剖面春季和夏季大型底栖动物群落结构的非参数多变量标序

Fig. 4 MDS ordination of macrofauna from hongzhai village section of mangrove during Spring and Summer

a 春季 during Spring

b 夏季 during Summer

为检验德耀村红树剖面同一站位不同季节群落结构之间的差异,采用 PRIMER 软件包中的相似性分析检验(单因子设计 1- Way layout ANOSIM),结果表明该剖面春季和夏季同一站位大型底栖动物的群落结构差异极显著($p < 0.01$),群落之间相关检验分析(RELATE)表明,两个季节同一站位群落结构之间均呈显著的正相关关系($r = 0.415$, $p < 0.05$)。采用群落之间相似性百分比分析(SIMPER)来了解表征群落和造成群落差异的物种,结果表明造成这两个季节间群落结构差异的主要种包括琵琶拟沼螺、悦目大眼蟹、宽身闭口蟹、黑口滨螺和扁平拟闭口蟹,它们对平均非度量系数(Bray- Curtis)不相似性的贡献分别为 53.58%、9.52%、7.00%、5.1%和 3.24%。这说明在不同的季节,德耀村红树剖面的某些大型底栖动物优势种的数量有较大的变化,给群落结构带来较大的影响。

用同样的方法检验红寨村红树剖面同一站位不同季节群落结构之间的差异性和相关性,发现它们的差异也极显著($p < 0.01$),相互之间也存在着显著的正相关关系($r = 0.409$, $p < 0.05$)。群落之间相似性百分比(SIMPER)分析表明造成这两个季节间群落结构差异的主要种包括扁平拟闭口蟹、琵琶拟沼螺、宽身闭口蟹、黑口滨螺和中华伪露齿螺,它们对平均非度量系数(Bray- Curtis)不相似性的贡献分别为 22.45%、19.95%、16.75%、4.80%和 3.59%。这说明在不同的季节,红寨村红树剖面的某些大型底栖动物优势种的数量也有较大的变化,给群落结构带来较大的影响。

用同样的方法检验两个红树剖面同一季节不同站位之间群落结构的差异,结果表明德耀村和红寨村红树剖面春季大型底栖动物群落结构差异极显著($p < 0.01$),相似性百分比(SIMPER)分析表明,造成这两个红树剖面群落结构之间差异的主要种包括琵琶拟沼螺、扁平拟闭口蟹、悦目大眼蟹、宽身闭口蟹和黑口滨螺。它们对平均非度量系数(Bray- Curtis)不相似性的贡献分别为 47.76%、13.25%、9.28%、6.13%和 6.06%。同样分析表明,两个剖面夏季大型底栖动物群落结构差异极显著($p < 0.01$),造成这两个剖面夏季群落结构之间差异的主要种包括宽身闭口蟹、琵琶拟沼螺、黑口滨螺、悦目大眼蟹、浓毛拟闭口蟹(Paradeistostoma crassipilum)。它们对平均非度量系数(Bray- Curtis)不相似性的贡献分别为 17.55%、16.5%、11.17%、7.98%和 5.30%。可见,不管是春季还是夏季,

德耀村和红寨村红树剖面之间大型底栖动物群落结构差异极显著。

2.2 群落结构与红树植物群落、环境因子关系

相关检验分析(RELATE)表明德耀和红寨村红树剖面春季和夏季大型底栖动物的种类丰度(德耀村春季: $r = 0.407$, $p < 0.05$; 夏季: $r = 0.541$, $p < 0.01$; 红寨村春季: $r = 0.503$, $p < 0.01$; 夏季: $r = 0.558$, $p < 0.01$)和种类生物量(德耀村春季: $r = 0.460$, $p < 0.05$; 夏季: $r = 0.531$, $p < 0.01$; 红寨村春季: $r = 0.587$, $p < 0.01$; 夏季: $r = 0.425$, $p < 0.05$)与其对应红树植物群落特征、环境因子测定值的相关关系达到显著水平或极显著水平。

采用生物-环境逐步多重回归分析(BVSTEP)来选择能够解释群落结构的最佳环境因子组合,结果表明春季德耀村红树剖面底泥的 pH、砂粒、粉粒和粘粒的含量和潮位线共同构成了解释春季该剖面大型底栖动物种类丰度的最佳组合($r = 0.626$),夏季为底泥中粉粒的含量、潮位线和红树植物群落平均树高和树冠(NS)共同构成了解释该剖面大型底栖动物种类丰度的最佳组合($r = 0.524$)。同样分析表明,春季红寨村红树剖面底泥中有机质、盐分、砂粒、粉粒、粘粒的含量和潮位线共同构成了解释春季该剖面大型底栖动物种类丰度的最佳组合($r = 0.711$),夏季为底泥中有机质、砂粒、粉粒的含量、潮位线和红树平均密度共同构成了解释该剖面大型底栖动物种类丰度的最佳组合($r = 0.644$)。

采用生物-环境分析(BIOENV)来分析各红树植物群落特征、环境因子与大型动物群落结构的相关系数,结果表明在德耀村红树剖面,春季与大型底栖动物种类丰度相关最为密切的是底泥中砂粒含量、潮位线和红树平均树高,夏季是潮位线和红树平均树高。在红寨村红树剖面,春季与大型底栖动物种类丰度相关最为密切的是底泥的 pH、砂粒含量、潮位线和红树平均密度。夏季是底泥的粉粒含量、pH、潮位线和红树平均密度。

3 讨论

本研究表明,大型底栖动物的群落结构存在着季节的差异。不论是德耀还是红寨村红树剖面,春季和夏季大型底栖动物群落结构之间差异显著,这是由于某些大型底栖动物优势种的数量季节波动明显所导致。这与邹发生等对海南东寨

港红树林滩涂大型底栖动物研究结果相一致^[9]。

本研究还表明,大型底栖动物的群落结构存在着地点的差异^[10]。这主要是不同地点存在底质、潮位线和红树植物群落的差异。蔡立哲等研究了香港东部红树林区大型底栖动物种类组成与数量分布特点,认为环境因素如底质、盐度和潮汐的不同导致底栖动物群落组成的差别^[11]。高爱根等研究了西门岛红树林区大型底栖动物的群落结构,结果表明底栖动物种类与红树林发育状况呈负相关、底栖动物生物量与红树林发育状况呈正相关^[2]。本研究发现不管是春季还是夏季,两个红树剖面大型底栖动物群落结构之间差异极显著。这是由于德耀和红寨村两个红树林剖面,虽属于同一海域,但红树植物群落不同(白骨壤、木榄及红海榄在德耀村剖面占优势,秋茄树、桐花树、木榄在红寨村剖面占优势)^[12],底质差别较大,导致底栖动物群落结构的差异。实际上,底质、潮位线和红树植物群落三个因素是相互联系的,在高度发育的红树林区(平均树高大,平均密度小),底质多为淤泥土壤,土壤酸度大,砂粒含量低、粉粒含量高、透气性极差并有臭气溢出,严重制约了底内动物的生存,因此群落以底栖动物为主。而在发育较差的红树林区(平均树高小,平均密度大),底质多为泥沙质土壤,土壤酸度小,砂粒含量高、粉粒含量低、质地较疏松,通气性较好,适宜底内动物的生存,群落中底栖种类明显增加。至于潮位线,红树植物群落会沿着潮位线高程的下降,从岸缘到海缘形成一个生态系列^[1],因此植物群落的类型不同,该处的潮位线一般也不同,从而造成不同地点大型底栖动物的群落结构之间的差异。

当然,底质、潮位线和红树植物群落是影响该林区大型底栖动物的群落结构的主要因素,但不是全部因素,其他次要因素(如环境污染程度差异)也对其群落结构差异产生一定程度的影响,值得我们去进一步深入探讨。在两次野外采样中,作者发现湛江红树林自然保护区大型底栖动物大部分经济种类个体数目极少,生物量较低,并为琵琶拟沼螺、珠带拟蟹守

螺等无经济价值的种类,绝大部分经济种类种质资源处于濒危状态。因此,急需加强红树林区大型底栖动物的生境保护和环境污染整治,同时加强红树林大型底栖动物生物学与生态学的研究,增殖具有经济价值的种类,开发与利用红树林生态系统的环境经济价值。

参考文献

- [1] 林鹏著. 中国红树林生态系[M]. 北京: 科学出版社, 1997, 115
- [2] 高爱根, 陈全震, 曾江宁, 等. 西门岛红树林区大型底栖动物的群落结构[J]. 海洋学研究, 2005, 23(2): 33-39
- [3] 梁超愉, 张汉华, 颜晓勇, 等. 雷州半岛红树林滩涂底栖生物多样性初步研究[J]. 海洋科学, 2005, 29(2): 18-31
- [4] 韩维栋, 蔡英亚, 刘劲科, 等. 雷州半岛红树林海区的软体动物[J]. 湛江海洋大学学报, 2003, 23(1): 1-7
- [5] 韩维栋, 刘劲科, 蔡英亚, 等. 雷州半岛红树林区软体动物多样性与生物量研究[J]. 林业科技, 2004, 29(1): 17-21
- [6] Pinkas L, Oliphant M S, verson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[J]. California Department of Fish and Game Fish Bulletin, 1971, (152): 1-105
- [7] Clarke K R, Warwick R M. Change in marine communities: an approach to statistic analysis and interpretation[M]. Plymouth, U K: Plymouth Marine Laboratory, 1994
- [8] 周红, 张志南. 大型多元统计软件 PRIMER 的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用[J]. 青岛海洋大学学报, 2003, 33(1): 58-64
- [9] 邹发生, 宋晓军, 陈伟, 等. 海南东寨港红树林滩涂大型底栖动物多样性的初步研究[J]. 生物多样性, 1999, 7(3): 175-180
- [10] 唐以杰, 林炜, 陈洁芳. 上川岛潮间带不同生境底栖软体动物物种多样性初步研究[J]. 生物磁学, 2004, 5(1): 4-7
- [11] 蔡立哲, 谭凤仪, 黄玉山. 香港东部红树林区大型底栖动物种类组成与数量分布特点[J]. 厦门大学学报, 1998, 37(1): 115-121
- [12] 缪绅裕, 陈桂珠, 陈正桃, 等. 广东湛江保护区红树林种群生物量及其分布格局[J]. 广西植物, 1998, 18(1): 19-23

(上接第6页)

从图3和图4中我们可以清晰地看出,随着 β -TCP在复合材料中含量的提高,复合材料的抗弯强度,和抗压强度都呈明显的下降趋势。当 β -TCP在复合材料中的含量应大于20%之后,复合材料的强度下降是很明显的。

4 结论

本研究制备出了 β -TCP/PLLA复合骨折内固定材料。当 β -TCP在复合材料中的含量在20%以下,其抗弯强度 $\geq 80\text{MPa}$,抗压强度 $\geq 75\text{MPa}$,基本满足人体骨折内固定的要求。 β -TCP在复合材料中的含量应低于20%,否则初始强度将会下降,成形温度区间,应该选择在PLLA处于黏流态这一温度区间。在PLLA处于黏流态的时候只需要极低的压力所得到的复合材料的强度就比较高了。

5 展望

β -TCP/PLLA复合骨折内固定材料无疑是当前或今后一段时期研究的热点之一。对 β -TCP粉体与PLLA的结合方面还需要进行研究,以提高 β -TCP/PLLA复合材料界面粘结强度,改善复合材料的力学性能。 β -TCP的加入是否能对PLLA的降解速率进行调控,还需要降解实验进行验证。

参考文献

- [1] Andriano, Kirk P, Pohjonen, Timo, et al. Processing and characterization of absorbable polylactide polymers for use in surgical implants [J]. Journal of Applied Biomaterials, 1994, 5: 133-140
- [2] Saikkun-Backstrom, A., Tulamo, R. - M., et al. Material properties of absorbable self-reinforced fibrillated poly-96L/4D-lactide (SR-PLA96) rods; A study in vitro and in vivo, 1999, 10: 1-8
- [3] 廖凯荣, 唐舫成. 甲壳素和甲壳胺对聚乳酸体外降解的影响[J]. 生物医学工程杂志, 1999, 16(3): 267-270