

沙质海岸前沿不同下垫面的沙粒度参数特征

陈德志¹, 叶功富², 卢昌义³, 高伟², 聂森², 尤龙辉²(1. 福建农林大学林学院, 福建福州 350002; 2. 福建省林业科学研究院, 福建福州 350012;
3. 厦门大学海洋与环境学院, 福建厦门 361005)

摘要: 在海岸前沿选取林地、草地、裸地 3 种不同的下垫面环境, 研究风沙运动对其粒度的影响。结果表明, 3 个样地均以细沙为主, 中沙、粗沙分列其后, 但样地间沙粒含量差异很大; 3 个样地粒径均随海岸距离的增加而变粗, 林地变化较为明显且粒径最粗, 林地和草地下层的沙粒径都比表层的粗, 裸地则无明显变化; 与草地和裸地相比, 林地内沙土平均粒径最粗, 标准偏差最大, 负偏程度最高, 这与林地内粒径较粗有关; 在草地和裸地中, 平均粒径与各粒度参数均存在良好的相关性, 表明草地和裸地沉积物为风力搬运堆积的产物, 受风选作用明显。细沙与极粗沙和粗沙都呈现极显著的正相关关系, 可以根据极粗沙和粗沙的含量来判别防护林的防护效应, 即在海岸前沿, 沙粒粒径越粗, 防护效能越好。

关键词: 风沙地貌; 下垫面; 海岸前沿; 粒度组成; 粒度参数

中图分类号: S157.1 文献标识码: A 文章编号: 2096-0018(2015)03-0272-07

Grain size characteristics of different underlying surfaces over coastal front zone

CHEN Dezhi¹, YE Gongfu², LU Changyi³, GAO Wei², NIE Sen², YOU Longhui²

(1. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China;

2. Fujian Academy of Forestry, Fuzhou, Fujian 350012, China;

3. College of Oceanography and Environment, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005, China)

Abstract: Three different underlying surfaces, the Casuarina Equisetifolia protection forest, the grassland and the bare land over coastal front zone were sampled to investigate the impact of sand drift movement on the grain size characteristics, results showed as follows. The surface sand samples in this region were dominated by fine sand, while medium sand and coarse sand exhibited decreasingly, but sand contents were significantly different between sample plots. Because of the degree of accumulation of sand, the grain size became bigger with the distance increasing, the protection forest had the most obvious change and the coarser grain size, the grain size of sub-surface (below 100 mm) was coarser than that of the surface in the protection forest land and the grassland, but not in the bare land. Due to the coarser grain size, the protection forest land had the highest average particle size, largest standard deviation and the highest degree of negative bias, compared with the grassland and bare land. Because of the pneumatic separation, there was remarkable correlation between average particle size and other particle size parameters in grassland and bare land, the coarse sand and very coarse sand showed very significant positive correlation with the silty sand so that we could use the content of the coarser sand to distinguish the protection effect of the protection forest, it meant that the coarser sand in the coastal front zone, the better protection effect it had.

Key words: aeolian geomorphology; underlying surface; coastal front zone; grain size composition; grain size parameters

沙物质是风塑造风沙地貌的物质基础, 由于沙粒粘着力较小, 结构较为疏松, 极易受到风和水的作用而发生移动, 造成风蚀灾害, 而且还把带来的沙子积在土壤中, 改变土壤结构, 导致该地区的土壤贫瘠^[1]。沙地沉积物粒度特征作为研究风沙地貌的主要指标^[2], 对揭示风沙运动规律意义重大。不同的区域环境或沙源丰度条件下, 沙丘表面会产生不同的粒度分布模式, 风力分选作用与沙粒物质来源的差异, 同样影响着各环境下的沙物质组成^[3-6]。以往这些研究主要以内陆沙漠地区为主, 较少涉及沙质海岸前沿沙粒粒径的空间分布特征。海岸带作为陆地和海洋的过渡地带, 是陆、海、气 3 种介质相互交换、相互作用的地带^[7], 其生态环境较易受到外界的干扰影响而发生较大的变化, 它与内陆沙漠沙丘不同, 其分布不局限于干旱、半干旱地区, 不具有明显的地带性^[8], 所以海岸前沿风沙危害不仅具有常规风沙危害的通性, 还因

收稿日期: 2014-12-05 修回日期: 2015-05-19

基金项目: 国家自然科学基金项目“海陆交界带的土地利用变化对典型植被碳吸存影响的宏观尺度研究”(41176092)。

作者简介: 陈德志(1990-), 男, 硕士研究生, 从事海岸带生态恢复研究。E-mail: chendezhi24@126.com。通讯作者叶功富(1966-), 男, 教授级高级工程师, 博士, 从事沿海防护林生态管理研究。E-mail: yegongfu@126.com。

其独特的环境特征,受潮汐作用、风浪涌浪冲刷、台风灾害、海水对风障沙障的浸蚀的影响,使防治实践更为复杂和困难^[9]。

恢复与建立植被生态系统是沙化地区中防治风沙侵蚀有效而持久的措施之一^[10]。在风沙运动过程中,沙粒粒级组成的变化是表现得最为普遍与敏感的现象。通过在海岸前沿对林地、草地、裸地3种不同下垫面的沙粒粒径的分析和研究,考察在海岸前沿特定的立地环境条件下,木麻黄防护林防风固沙的作用效能,为今后海岸前沿基干林的建设经营提供理论指导。基于此,本课题组通过对福建惠安沙岸前沿不同下垫面类型沙粒全面系统的采集,通过对粒度参数的分析,探讨了海岸前沿表层与下层沉积物空间分布特征和粒度组成,以揭示中国东南海岸前沿沙粒运移机制及其环境意义,为木麻黄(*Casuarina Equisetifolia* Forst.)防护林的防风固沙机理提供理论依据。

1 研究区概况

福建省惠安县崇武赤湖国有防护林场北纬23°45′,东经118°55′,属南亚热带海洋性季风气候,年平均气温19.8℃,最高气温和最低气温分别为37和2.2℃,全年无霜期320d,年平均降水量1029mm,年平均蒸发量2000mm,蒸发量大于降雨量,干湿季明显,干旱频度大,夏季(7-9月)多台风和暴雨天。冬季盛行东北风,8级以上的大风天达105d,年平均风速7.0m·s⁻¹,最大风速达到32.6m·s⁻¹,土壤为潮积或风积沙土,沙层厚,肥力低。

试验地位于赤湖林场风口前沿,与潮水线相接,选取林地、草地、裸地3种不同类型样地,样地基本情况如表1、表2所示。林地为木麻黄防护林,林地内乔木层为木麻黄,灌木层植物较少,多零星分布,有少量雀梅藤[*Sageretia thea* (Osbeck) Johnst.]、马樱丹(*Lantana montevidensis* Briq.)、肖梵天花(*Urena lobata* L.)、药用黑面神(*Breynia officinalis* Hemsl.)、草本层前20m内不多见,20m后盖度逐渐上升,有藿香蓟(*Ageratum conyzoides* Linn.)、牛筋草[*Eleusine indica* (L.) Gaertn.]、金合欢[*Acacia farnesiana* (Linn.) Willd.]、黑面神[*Breynia fruticosa* (Linn.) Hook.]。草地内植被种类较少,有单叶蔓荆(*Vitex trifolia* L. var. *simplicifolia* Cham.)、厚藤[*Ipomoea pes-caprae* (L.) Sweet]、老鼠芳[*Spinifex littoreus* (Burm. f.) Merr.]、海边月见草(*Oenothera drummondii* Hook.)等,在后沿有部分木麻黄林的存在,裸地地势开阔,地形平坦,常有流沙。

表1 林地基本情况

Table 1 Basic situation of plot in different gradient in protection forest

样地距离/m	郁闭度/%	林分密度 株·hm ⁻²	树高/m	胸径/cm	平均冠幅 m×m	风害情况
0	50	4 210	1.54±0.12	3.50±0.80	0.8×0.8	2/3 枝条干枯
5	60	4 350	2.23±0.41	4.12±0.54	1.0×1.0	1/2 主梢干枯
10	60	3 450	2.70±0.52	5.62±0.34	1.5×1.5	1/4 主梢干枯
20	70	2 470	3.57±0.47	6.43±1.33	2.0×2.0	少量主梢干枯
40	60	2 430	7.22±0.62	9.50±0.65	3.0×3.0	未见枯梢
80	65	2 100	8.79±0.81	12.50±0.46	3.5×3.5	未见枯梢

表2 草地基本情况

Table 2 Basic situation of plot in different gradient in grassland

样地距离/m	覆盖度/%	样地距离/m	覆盖度/%	样地距离/m	覆盖度/%
0	65	10	70	40	80
5	65	20	75	80	85

2 研究方法

2.1 样品采集和分析

2014年4月13日,采用样线法,按林地、草地和裸地3种下垫面类型各布设3条与主要风向相同的样线,每条样线以最高潮水位为起点,依次按0、5、10、20、40和80m六个不同海岸距离布设样点,每个样点挖掘50cm深土壤剖面,分0-10cm、10-15cm采集沙样,每个沙样取100g左右,每层3个重复,共计挖掘108个沙样。

将沙样带回实验室,标记好后自然风干,采用筛分法对沙样进行分筛处理,将6个不同孔径的筛子从

上到下按孔径由大到小的顺序叠放,对沙样进行过筛处理;筛分完毕后用电子天平分别称重不同粒径范围的沙粒物质,计算出不同粒径范围沙物质占总沙样的比重。采用中国的沙粒分级标准 GB/T 17412 - 1998^[11]作为数据划分的依据(表 3)。沙样粒度参数由 Folk-Ward 方法^[12]计算得出。

$$M_z = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}) / 3 \tag{1}$$

$$S_d = (\phi_{84} - \phi_{16}) / 4 + (\phi_{95} - \phi_5) / 6.6 \tag{2}$$

$$S_k = (\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50}) / 2(\phi_{84} - \phi_{16}) + (\phi_{95} + \phi_5 - 2\phi_{50}) / 2(\phi_{95} - \phi_5) \tag{3}$$

$$K_u = (\phi_{95} - \phi_5) / 2.44(\phi_{75} - \phi_{25}) \tag{4}$$

式中: M_z 为平均粒径(mm); S_d 为分选系数; S_k 为偏态; K_u 为峰态; ϕ 为尤登—温德华氏等比例粒级。

表 3 中国沙物质的粒径划分标准

Table 3 Division standard of sand particle sizes in China

沙物质	粒径/mm	沙物质	粒径/mm	沙物质	粒径/mm
砾石	>2.00	中沙	>0.25 - 0.50	极细沙	>0.05 - 0.10
极粗沙	>1.00 - 2.00	细沙	>0.10 - 0.25	粉沙	>0.00 - 0.05
粗沙	>0.50 - 1.00				

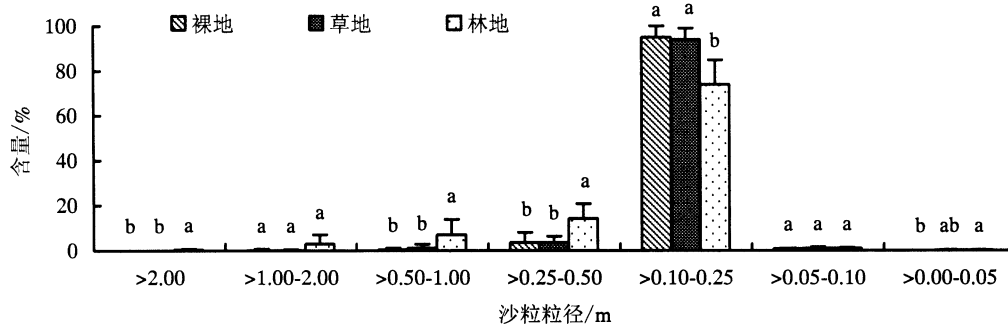
2.2 数据处理

利用 Excel 2010 及 SPSS 17.0 对数据进行方差分析及最小差异显著性检验和图表制作,采用 MATLAB 函数功能计算沉积样品粒度累积曲线的百分位数和粒度参数计算^[13]。

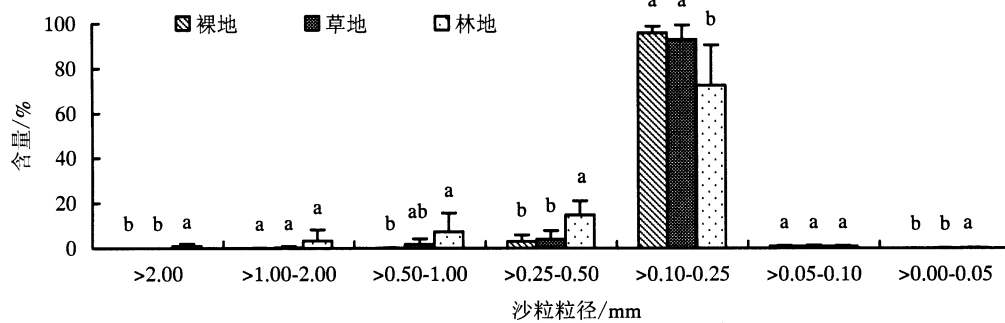
3 结果与分析

3.1 沉积物粒度组成

3 个样地沙粒粒度结构特征如图 1 所示。3 种类型样地表层和下层沉积物以细沙为主,且细沙含量均是裸地 > 草地 > 林地。3 个样地粉沙的含量都极少。粉沙、极细沙含量极少与海边大风吹蚀、海浪冲刷作用有关,但林地内粉沙含量要显著高于草地和裸地,粉沙平均含量是草地的 2.94 倍,是裸地的 12.16 倍,体现出木麻黄林改良沙质土壤的作用。



(a) 3 个样地表层沙粒粒度结构特征



(b) 3 个样地下层沙粒粒度结构特征

图 1 3 个样地沙粒粒度结构特征

Figure 1 Grain size distribution of sediments in 3 different underlying surfaces

除极粗沙、粉沙外,林地其他粒级沙粒与裸地差异显著,草地与裸地各粒级沙粒差异不显著。林地各

粒级变化幅度远大于草地和裸地, 下层各粒级含量变化幅度比表层大。林地和草地沉积物粒度组成存在分层变化, 即下层沉积物较表层稍粗, 与内陆沙漠地区下层沙粒比上层沙粒更细具有明显的差异^[6, 14]。

不同样地的沙粒粒度组成在不同距离上存在一定的规律性变化(图 2), 由于裸地粗糙度较小, 不能够阻挡风沙运动, 导致裸地沙粒粒径几乎是以细沙为主, 随着距离的增长, 细沙含量逐渐减少, 但下降极为缓慢。中沙含量则随距离的增长而逐渐上升, 中沙、细沙都仅在 80 m 处与其他距离呈现显著变化, 裸地中不含石砾, 且只在 40 m 后出现极少量的极粗沙, 极细沙粉沙变化不明显。

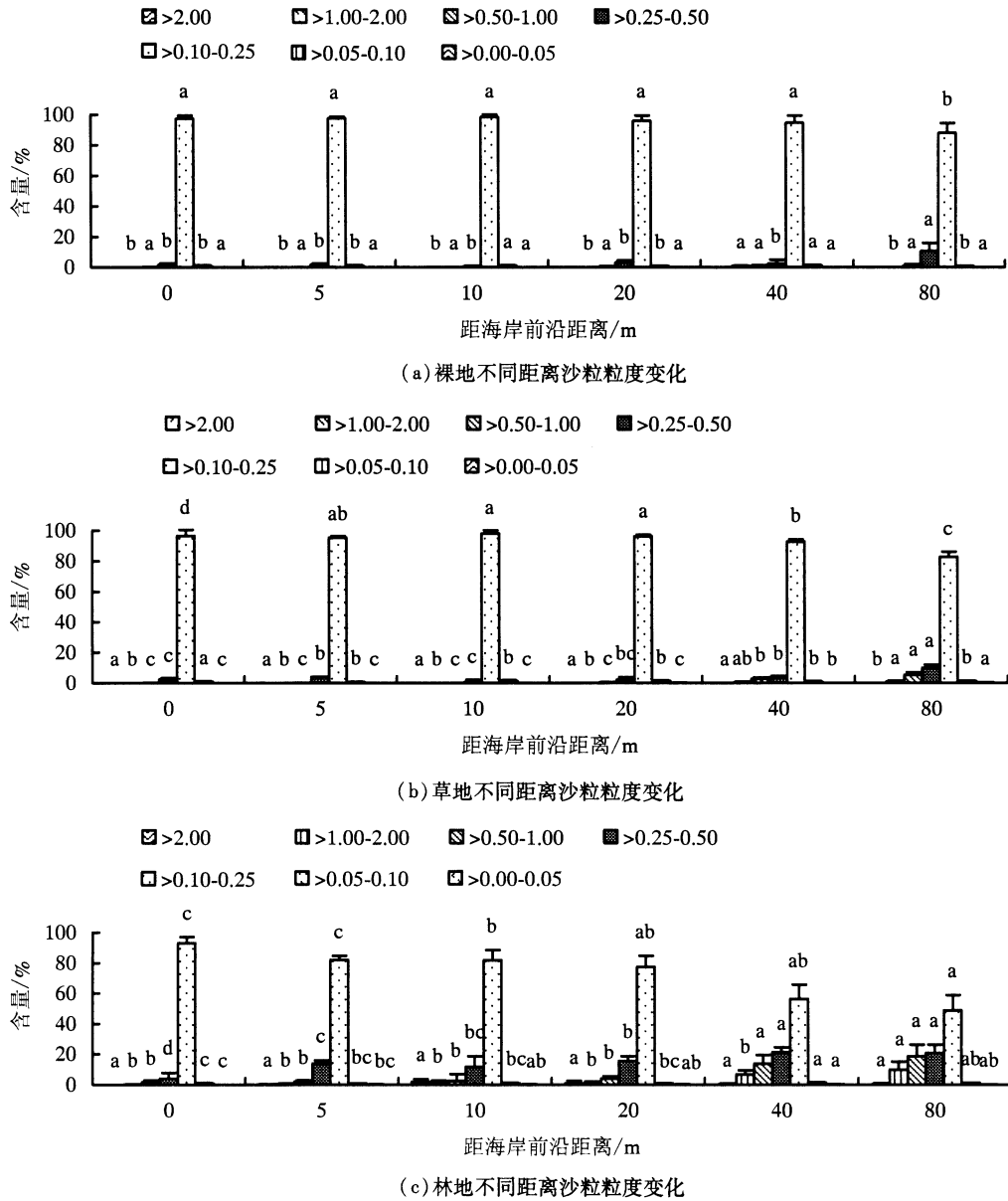


图 2 3 个样地不同距离沙粒粒度变化

Figure 2 Variation in grain size distribution at different distances of 3 different underlying surfaces

草地以细沙为主, 前 20 m 内不同距离沙粒粒度组成差异不显著, 中沙、粗沙随距离变化差异显著, 极粗沙及石砾则在 40 m 距离后才出现, 且含量极少, 极细沙和粉沙变化不明显。

林地呈现出与草地粒径变化相似的趋势, 但变化幅度更大。中沙、粗沙、极粗沙、极细沙、粉沙均随着离海岸距离增长呈现出增加的趋势。中沙、粗沙在 40 m 前各距离存在显著差异, 40 m 后差异不显著。

对林地内各粒径沙粒含量进行相关性分析显示(表 4), 极粗沙和粗沙均与中沙、极细沙、粉沙呈显著正相关($p < 0.05$), 与细沙呈现较大的负相关, 细沙对所有其他粒径沙粒含量全部呈现出负相关趋势, 说明当细沙含量增加时, 其他所有粒径沙粒含量都有不同程度的减小, 石砾含量与其他各粒径沙粒含量之间相

关性不大 粉沙与极粗沙和粗沙均呈现极显著的正相关关系 在海岸前沿 由于植物的防风固沙及成土作用 粉沙含量可作为植物防风固沙效益的评价标准^[9] 而在海岸前沿以细沙为主的风沙沉积决定了堆积量越大 粒径越偏细的现实 可以根据极粗沙和粗沙的含量来定性评价防护林的防护效应。即在海岸前沿 沙粒粒径越粗 防护效能越好。

表 4 林地沙粒粒径含量间相关分析¹⁾

Table 4 Correlation analysis between different soil grain diameter percentage in protection forest

相关性	石砾	极粗沙	粗沙	中沙	细沙	极细沙	粉沙
石砾	1						
极粗沙	0.434	1					
粗沙	0.336	0.916 **	1				
中沙	0.126	0.783 **	0.867 **	1			
细沙	-0.301	-0.923 **	-0.965 **	-0.909 **	1		
极细沙	-0.259	0.678 *	0.643 *	0.657 *	-0.692 *	1	
粉沙	0.503	0.762 **	0.713 **	0.622 *	-0.692 *	0.455	1

¹⁾ ** 表示在 0.05 水平上显著相关, * 表示在 0.01 水平上显著相关。

3.2 沉积物粒度参数

利用 Folk-Ward 图解法计算的海岸前沿沙粒度参数见表 5、表 6 3 个采样带沙粒的平均粒径以林地最大 且粒度分布最不均匀 林地沙样平均粒径范围 1.49Ø(0.357 mm) - 2.48Ø(0.179 mm) 平均值为 2.16Ø(0.224 mm) 属于中沙和细沙的混合体 说明风沙来源具有混合型 既有粒径偏粗的局地性沙源 又含有以风成沙为主的外来沙源。草地与裸地表层沉积大致相似 从平均粒径范围来看 都属细沙 平均粒径的变化最大幅度远小于林地内变化幅度 表现在草地和裸地沙粒分布相对集中 分选情况好 林地范围内随着距离的逐渐增加 平均粒径越来越粗 表层沙粒的平均粒径小于下层 且这种粒径间的差异随着距离的增加而展现出变大的趋势。

表 5 样地表层沉积物特征

Table 5 Granular parameters of surface sediments

样地类型	距离/m	平均粒径 mm	分选 系数	偏态	峰态
林地	0	2.48	0.33	-0.008	0.75
	5	2.40	0.48	-0.214	1.25
	10	2.46	0.41	-0.160	1.08
	20	2.29	0.61	-0.347	1.38
	40	1.74	1.07	-0.444	0.88
	80	1.82	1.04	-0.470	0.94
草地	0	2.49	0.31	0.000	0.74
	5	2.48	0.32	0.000	0.74
	10	2.50	0.31	0.000	0.74
	20	2.49	0.32	-0.001	0.74
	40	2.47	0.35	-0.061	0.84
	80	2.43	0.50	-0.231	1.37
裸地	0	2.50	0.31	0.000	0.74
	5	2.50	0.31	0.000	0.74
	10	2.50	0.31	0.000	0.74
	20	2.49	0.32	0.000	0.74
	40	2.48	0.34	-0.045	0.81
	80	2.42	0.45	-0.184	1.17

表 6 样地下层沉积物特征

Table 6 Granular parameters of sub-surface sediments

样地类型	距离/m	平均粒径 mm	分选 系数	偏态	峰态
林地	0	2.47	0.39	-0.144	1.04
	5	2.36	0.51	-0.251	1.19
	10	2.36	0.68	-0.375	1.93
	20	2.29	0.59	-0.328	1.29
	40	1.98	0.88	-0.438	1.01
	80	1.49	1.18	-0.274	0.76
草地	0	2.49	0.32	0.000	0.74
	5	2.48	0.32	0.000	0.74
	10	2.50	0.34	0.001	0.74
	20	2.50	0.33	-0.001	0.76
	40	2.46	0.46	-0.222	1.32
	80	2.33	0.61	-0.347	1.53
裸地	0	2.49	0.32	0.000	0.74
	5	2.49	0.31	0.000	0.74
	10	2.51	0.31	0.000	0.74
	20	2.48	0.32	0.000	0.74
	40	2.50	0.32	0.000	0.74
	80	2.46	0.39	-0.137	1.02

偏态在该区域 3 个样地都呈现出对称到负偏的变化 林地内偏态程度较高 偏态值为负值 粒度曲线分布形态右偏。草地和裸地经过风力长期吹蚀 偏态程度较小 分选作用良好 全部为对称和近对称 符合海岸表面沉积物粒度的一般规律^[14]。随着距离的增加 偏态呈现出越往左偏 可为粒径随着距离逐渐变粗的佐证。偏态的差异也体现了不同样地外营力表现不同^[15] 从结果看 裸地与草地的力表现状况相似 林地表现更为复杂。

当沉积物受多种动力因素与搬运方式交替控制时,沉积物粒度频率分布曲线表现出多峰曲线,而当沉积物搬运方式与搬运介质一定,搬运动力较为稳定,粒度频率分布曲线则表现为单峰分布^[16]。3样地均呈现单峰分布,说明该地搬运方式稳定,以风沙堆积为主。林地的峰态值较大,反映在频率曲线上的峰值较高,跨度范围较大,为宽型、中等型、窄型和很窄型的综合体。草地裸地峰态值较小,为宽型、中等型和窄型的集合体,以宽型为主。0-20 m内峰态保持在0.74,沙粒无变化,20 m后峰态逐渐变得尖锐。裸地峰态值变化最小,为宽型和中等型的混合体,其中40 m以内峰态无变化。林地峰态随距离的改变不明显,距离对峰态的改变影响不大。

不同样地粒度参数间相关分析如表7所示,平均粒径与分选系数均呈现极显著的负相关,即粒径变细,分选系数越好,平均粒径与偏态呈现正相关,即粒径越细,偏态越接近对称。林地内平均粒径、分选系数和偏态均呈现显著相关,各参数与峰态相关性较差,草地和裸地内各粒度特征参数之间均存在显著的相关性,进一步表明草地和裸地沉积物主要为风力搬运堆积的产物^[6]。

表7 不同样地粒度参数间相关分析¹⁾

Table 7 Correlation analysis between granular parameters in different plots

样地类型	粒度参数	平均粒径	分选系数	偏态	峰态
林地	平均粒径	1			
	分选系数	-0.974 ^{**}	1		
	偏态	0.607 [*]	-0.755 ^{**}	1	
	峰态	0.445	-0.259	-0.237	1
草地	平均粒径	1			
	分选系数	-0.949 ^{**}	1		
	偏态	0.915 ^{**}	-0.991 ^{**}	1	
	峰态	-0.875 ^{**}	0.981 ^{**}	-0.994 ^{**}	1
裸地	平均粒径	1			
	分选系数	-0.951 ^{**}	1		
	偏态	0.535 [*]	-0.577 [*]	1	
	峰态	-0.601 [*]	0.510 ^{**}	-0.761 ^{**}	1

1) **表示在0.05水平上显著相关,*表示在0.01水平上显著相关。

4 结论与讨论

林地、草地、裸地粒径均以细沙为主,中沙、粗沙分列其后。林地粒径偏粗,远大于草地裸地。粒径间的差异主要与海岸沙源有关,近岸沙质沉积物主要来源为河流输沙,而河流沙通常在水力磨蚀作用下粒径较细,又因该地处于华南亚热带季风区,在热带季风条件下,风化淋溶强烈,故沙粒粒径较细,样地以细沙为主。同时,各样地也存在粒径较粗的局地性沙,形成一定含量的中沙与粗沙。局地性沙与风成沙之间差异较大,是由于华南沿海大部分岸段,冬夏两季都是向岸风,无论从风向频率、持续时间还是风力来比较,仍然是东北向岸风占绝对优势^[8],所以局地性沙和风成沙的互有混合现象不如北方海岸明显,在林地中存在一定含量的中沙和粗沙。林地和草地下层沉积物较表层略粗,裸地内则无明显变化。这是由于受植被的防风固沙作用,减缓风沙运动的能力,致使林地和草地中的沙土以堆积作用为主,造成表层细粒成分居多,形成分层变化。裸地表下层无明显变化是由于裸地中由于阻挡风沙能力较弱,表层及下层沙粒在反复的堆积和侵蚀中交替,导致粒径变化不大。

林地、草地、裸地皆随着距离的增加而粒径逐渐变粗,林地变化最为明显,波动较大,各距离间存在出显著差异。这是由于木麻黄防护林自身的防风固沙作用,同时林地内大量的枯落物覆盖也提升了林地内的粗糙度,减缓了风沙运动能力,增加了表层细沙滞留,增加了表面细粒成分,后沿由于风沙运动的减弱,受前沿风沙干扰程度的减小,堆积作用较弱,粒径偏粗。草地和裸地粒径相似,粒径改变不大,是由于海岸风成沙粒径较小,而草地的表层平均值为2.48 ϕ (0.179 mm),属于细沙。研究表明,细沙可以进入地面2 m以上高度^[4],而粗沙不能在空气中悬浮搬运,只能在地面跳跃迁移,在草地表层中主要粒级为细沙,粗沙粒含量甚微,对以细沙为主的风沙运动的阻挡有限,堆积作用明显,使得草地与裸地粒径相似,说明在海岸前沿草本植物抵御风沙运动的能力有限,不能够抵御沿海的大风天气,但草地作为木麻黄林和裸地的过渡带,在改善该地的生态环境条件与保水保肥有一定作用,可为将来木麻黄林的栽培营造打下基础^[17]。

由于木麻黄林内的防风固沙及成土作用,林地内粉沙含量要显著高于草地和裸地,究其原因,一方面是由于植物径枝的柔韧性通过影响改变流场,降低风速,改变植物周边颗粒泥沙的沉降速度,紊流特性^[18],使粒径较小的粉沙更容易沉积在林下,同时沙生植物所具有的固定、尘土的堆积和成土作用^[10],使粉沙含量增加。另一方面,由于裸地中没有植被覆盖,风沙吹蚀较为严重。但海岸前沿的粉沙含量与内陆沙漠相比相差甚远^[10],而以细沙为主,粉沙较少的情况也是造成海岸前沿尽管受大风天气影响却很少像内陆沙漠出现浮尘天气的主要原因。粉沙与极粗沙和粗沙均呈现极显著的正相关关系,同时根据海岸前沿风沙沉积特征,可依据极粗沙和粗沙的含量定性评价防护林的防护效应。

随着距离增加,3类样地中表下层沉积物特征总体上均呈现粒径变粗,分选逐渐变差的态势。各粒度特征参数之间具有一定的相关性,即随着沉积物平均粒径变细,分选逐渐变好,偏态则趋于正偏,峰态上草地、裸地趋于平缓,林地内峰态则无明显变化。这主要是受风选作用的影响,在风选作用下存在两种分选情况,一是风作用下细颗粒积累,粒径变细,分选变好,二是风力将较细颗粒全部吹走,只留下较粗的颗粒,导致分选变好^[2,19]。本研究体现出前者,表明这3个样地中呈现出了不同程度的堆积情况。研究表明^[20],平均粒径与偏态之间二者之间具有明显相关性,趋势却不大相同,例如在塔克拉玛干沙漠显示偏态随平均粒径的变细趋于正偏^[21],而在澳大利亚海岸沙丘的研究中则发现^[22],其沙丘沙的偏态随平均粒径的减小而呈现出负偏趋势,这主要是和平均粒径的大小有关,AHLBRANDT^[20]认为偏态随平均粒径的变化以平均粒径1.75 ϕ 为界限,表现出两种相反的趋势,本样地中粒径更为偏细,呈现出随着平均粒径的变细趋于正偏的趋势。

参考文献

- [1] 吴正, 黄山, 胡守真. 海南岛海岸风沙及其治理对策[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 1992(2): 104-107.
- [2] 哈斯, 庄燕美, 王蕾, 等. 毛乌素沙地南缘横向沙丘粒度分布及其对风向变化的响应[J]. 地理科学进展, 2006, 25(6): 42-51.
- [3] 陈渭南. 塔克拉玛干沙漠 84°E 沿线沙物质的粒度特征[J]. 地理学报, 1993, 48(1): 33-46.
- [4] 丁仲礼, 孙继敏, 刘东生. 联系沙漠—黄土演变过程中耦合关系的沉积学指标[J]. 中国科学: D 辑: 地球科学, 1999, 29(1): 82-87.
- [5] 哈斯, 王贵勇. 腾格里沙漠东南缘横向沙丘粒度变化及其与坡面形态的关系[J]. 中国沙漠, 1996(3): 8-13.
- [6] 李恩菊, 董治宝, 赵景波. 巴丹吉林沙漠典型高大沙山迎风坡粒度特征[J]. 干旱区地理, 2011, 34(3): 471-478.
- [7] 吴正, 吴克则, 黄山, 等. 华南沿海全新世海岸沙丘研究[J]. 中国科学: B 辑: 化学 生命科学 地学, 1995, 25(2): 211-218.
- [8] 吴正, 黄山, 胡守真, 等. 华南海岸风沙地貌研究[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 49-53.
- [9] 王涛等. 中国风沙防治工程[M]. 北京: 科学出版社, 2011, 65-79.
- [10] 王文彪, 肖巍. 从沙物质粒度分析结果研讨沙生植物的固沙作用[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(9): 132-137.
- [11] 中华人民共和国地质矿产部. 岩石分类和命名方案 沉积岩岩石分类和命名方案: GB/T 17412.2-1998[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.
- [12] FOLK R L, BRAZOS R. A study in the significance of grain size parameters[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1957, 27: 3-26.
- [13] 王为, 吴正. 基于 MATLAB 的图解粒度参数计算[J]. 热带地理, 2006, 26(3): 239-242.
- [14] 赵聪敏. 塔克拉玛干沙漠沙粒形貌特征分析[D]. 新疆: 新疆师范大学, 2012.
- [15] 张瑞军, 何清, 孔丹, 等. 塔克拉玛干沙漠北缘沙尘暴源区地表沉积物粒度特征[J]. 干旱区研究, 2008, 25(6): 887-893.
- [16] 殷志强, 秦小光, 吴金水, 等. 中国北方部分地区黄土、沙漠沙、湖泊、河流细粒沉积物粒度多组分分布特征研究[J]. 沉积学报, 2009, 27(2): 343-351.
- [17] 潘铨焯, 薛秋华, 徐炜, 等. 不同种源地海边月见草生长发育特性[J]. 福建林学院学报, 2013, 33(3): 242-248.
- [18] 唐艳, 刘连友, 屈志强, 等. 植物阻沙能力研究进展[J]. 中国沙漠, 2011, 31(1): 43-48.
- [19] 祁兴芬. 秦皇岛市海岸风成沙丘的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2004.
- [20] AHLBRANDT T S. Comparison of textures and structures to distinguish eolian environment, Killpecker dunefield, Wyoming [J]. Mountain Geology, 1975, 12: 58-61.
- [21] 陈广庭, 冯起. 塔里木盆地沙漠石油公路沿线风沙环境的形成与演变[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997: 158-160.
- [22] PYE K. Negatively skewed aeolian sands from humid tropical coastal dune field[J]. Sedimentary Geology, 1982, 31: 249-266.

(责任编辑: 温凤英)