

无居民海岛植被恢复过程中物种多样性 及土壤特征初步研究

孙元敏, 汤坤贤, 陈慧英, 陈玉珍, 黄海萍, 蔡鹭春

(国家海洋局第三海洋研究所, 福建 厦门 361005)

摘要:2016年4月对厦门无居民海岛猴屿开展了植被和土壤调查,采用全岛调查的方法查清全岛植物种类及生长状况,采用样方调查的方法分析比较人工恢复林和次生林物种多样性和土壤肥力特征,以为无居民海岛生态修复提供借鉴。结果表明,全岛共有乔木5科5属6种,灌木有10科12属13种,草本植物有21科39属40种。由于被海包围、面积狭小、地形简单,物种传播速度慢,猴屿生物多样性较低,猴屿人工恢复林物种多样性与次生林差异不显著。人工恢复林土壤肥力显著低于次生林,植物生长及其产生的凋落物可以促进土壤肥力的改善。海岛普遍风大、缺水,植被恢复应选用适应海岛环境能力强的物种。猴屿植被破坏导致生态位缺失,进而造成马缨丹生物入侵,影响海岛生态系统稳定性。

关键词:海洋生物学;无居民海岛;植被恢复;物种多样性;土壤肥力

DOI:10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2017. 01. 001

中图分类号:P735

文献标识码:A

文章编号:2095-4972(2017)01-0001-05

近几十年来,随着海洋经济的快速发展,海岛开发利用活动日益增多。海岛开发中存在过度开发和不合理利用的现象,造成自然资源破坏和生态环境恶化^[1]。恢复海岛生态系统对于推进海岛资源保护与可持续利用具有重要意义。植被是海岛生态系统的主体,开展植被恢复研究对于恢复和重建稳定的海岛生态系统至关重要^[2],海岛植被恢复是近年来海岛生态修复的重点内容。目前国内学者对有居民海岛退化植被恢复过程中群落结构、生物量、生物多样性、土壤养分等进行了研究^[2],并探讨了海岛生态系统恢复和管理等方面的问题^[3],但对于面积更小、人工管理困难的无居民海岛植被恢复过程的研究严重缺乏,在实际工作中照搬陆地植被修复模式,造成恢复效果不理想。本研究试图通过对厦门无居民海岛猴屿进行调查研究,分析受损海岛植被恢复过程中土壤和植物多样性特征,评估无居民海岛植被恢复效果,以为无居民海岛生态恢复提供借鉴。

1 研究区概况与方法

1.1 研究区概况

猴屿位于厦门西海域,地理坐标为24°28'03"~

24°28'10"N, 118°03'15"~118°03'21"E,其面积为14 306 m²,最高点海拔为20.3 m。属亚热带海洋性季风气候,年平均气温为21.2℃,极端最高气温为38.5℃,极端最低气温为1.9℃,年平均降水量为1 355.8 mm,降水主要集中于4~8月,年平均相对湿度为78%。

猴屿岛陆主要由花岗岩构成,土壤为赤红壤,土壤层薄、肥力低,保水能力差。2000年以前,全岛植被覆盖率达80%以上,以台湾相思林为主。2001年,电力部门在岛上建设输变电铁塔和码头,植被遭到严重破坏,植被覆盖率仅剩约30%。从2007年开始,厦门市海洋主管部门对受损区域实施了植被恢复工程^[4],种植了榕树、潺槁木姜子、桉树等植物。

1.2 植被调查与分析

2016年4月,对猴屿开展了现场调查,调查采用全岛调查和样方调查相结合的方法,通过全岛调查,查清全岛植物种类及生长状况;通过样方调查,分析并比较人工林和次生林物种多样性。根据岛上不同生境,选取11个植被调查样方,由于立地条件限制,每个样方面积为5m×5m。各样地的生境特征

见表 1. 其中,样方 1~5 为次生林群落,在建设铁塔时未遭到破坏,可以作为植被恢复参照系统;样方 6~11 为人工林群落. 记录样方内植物种类、数量等,计算样方内物种多样性,包括植物物种数(S)、Shannon-Wiener 指数(H')、Margalef 丰富度指数(d)、Simpson 指数(D)、Pielou 均匀度指数(J),其计算公式分别为^[5-6]:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \tag{1}$$

$$d = (S - 1) / \ln N \tag{2}$$

$$D = 1 - \sum (p_i)^2 \tag{3}$$

$$J = H' / \ln S \tag{4}$$

式(1~4)中: p_i 表示种 i 的个体数占群落总个体数的比例(%); N 为样方中观测到的个体总数(株), S 表示植物物种数(种).

表 1 样方概况
Tab. 1 Outline of sampling stations

样方	生境特征	海拔/m	坡向	坡度
1	台湾相思林	12	SW	45°
2	台湾相思林	16	NW	5°
3	台湾相思林	20	E	30°
4	潺槁木姜子林	15	NE	5°
5	榕树林	4	SE	0°
6	潺槁木姜子林	15	NE	5°
7	潺槁木姜子林	16	NW	5°
8	榕树林	16	NE	8°
9	榕树林	14	NE	10°
10	桉树林	7	E	60°
11	桉树林	13	SW	5°

1.3 土壤样品及凋落物采集与分析

在各样方内分别随机布置 3 个 1 m×1 m 的小样方,收集林下凋落物,带回实验室烘干至恒重后称重,计算单位面积凋落物现存量. 同时采集土壤样品,由于土壤层薄,仅采集表层土壤,带回实验室,样品经过风干、研磨、过筛,用于测定土壤 pH 值、全氮(TN)、全磷(TP)、有机碳(TOC)等指标. 采用电位法测定土壤 pH 值,采用重铬酸钾外加热法测定土壤 TOC,采用开氏法测定 TN,采用钼锑抗比色法测定 TP^[7-8].

1.4 统计分析方法

采用单因素方差分析(one-way ANOVA)比较恢复样方和对照样方的差异,采用 Pearson 相

关分析探讨凋落物现存量与土壤化学性质的相关性. 上述统计分析均采用 SPSS23.0 软件进行处理.

2 结果与讨论

2.1 植被特征

2.1.1 植物种类组成及生长状况 调查结果表明,全岛有乔木 5 科 5 属 6 种,其中台湾相思(*Acacia confusa*)、榕树(*Ficus microcarpa*)、潺槁木姜子(*Litsea glutinosa*)和大叶桉(*Eucalyptus robusta*)数量较多,苦楝(*Melia azedarach*)和马占相思(*Acacia mangium*)有零星分布. 灌木有 10 科 12 属 13 种,数量较多的为马缨丹(*Lantana camara*)、牡荆(*Vitex negundo*)、三角梅(*Bougainvillea glabra*). 其中马缨丹在全岛均有分布,表现出良好的环境适应性. 草本植物种类较丰富,共计 21 科 39 属 40 种,其中菊科植物种数最多,占草本总种数的 25%. 海岛海岸带特色植物仅有 3 种,其余均为广布种.

调查发现,经过一段时间的恢复,绝大部分种植植被生长状况良好,存活率达到 90% 以上,但位于岛屿四周边坡处的三角梅存活率较低. 此外,岛上大部分桉树叶片处于干枯状态,仅有位于背风低洼处的几株长势良好.

2.1.2 物种多样性 表 2 为各调查样方中的物种数及多样性指数,物种数为 6~13 种、Shannon-Wiener 指数为 1.20~2.41, Margalef 丰富度指数为 1.32~2.97, Simpson 指数为 0.62~0.89, Pielou 均匀度指数为 0.64~0.94,物种多样性较低. 调查样方中以草本植物为主,草本植物的物种多样性决定了调查样方的物种多样性. 林下样方中灌木种类贫乏,仅有马缨丹和牡荆两种,优势种为马缨丹. 样方中草本的优势种为腺梗豨莠(*Siegesbeckia pubescens*)和少花龙葵(*Solanum photeinocarpum*). 单因素方差分析结果表明,恢复样方和对照样方的物种数和各多样性指数差异均不显著($p>0.05$).

表 2 调查样方内物种多样性
Tab. 2 Species diversity indices in survey samples

样方	S	H'	d	D	J
1	12	2.33	2.87	0.87	0.91
2	13	2.41	2.97	0.89	0.94
3	10	1.94	2.35	0.82	0.84
4	8	1.76	1.86	0.71	0.84
5	9	2.08	1.83	0.78	0.94
6	6	1.26	1.52	0.63	0.70

续表 2					
样方	<i>S</i>	<i>H'</i>	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>J</i>
7	7	1.30	1.48	0.65	0.75
8	7	1.24	1.37	0.62	0.64
9	6	1.20	1.35	0.63	0.70
10	11	2.19	2.38	0.87	0.91
11	10	2.03	2.32	0.78	0.84

2.1.3 外来种入侵状况 调查发现,岛上的外来种有大叶桉、马缨丹、三叶鬼针草(*Bidens pilosa*)、豚草(*Ambrosia artemisiifolia*),其中大叶桉、马缨丹数量最多.大叶桉由于生长速度快,树高明显高于其它种类乔木,但由于海岛缺水、风大,导致大部分大叶桉秋冬季处于干枯状态,仅有少部分位于背风面低洼处的几株生长良好.马缨丹在全岛均有生长,入侵现象严重,在岛的北部空地及林窗下优势明显,并且已影响到部分榕树的光合作用,致使榕树长势不佳,需要及时采取管理措施.

2.2 凋落物量及土壤化学性质

凋落物现存量及土壤化学性质测定结果如表 3 所示.各样方的凋落物现存量范围在 3.92 ~ 29.56 kg/m²之间,其中潺槁木姜子林凋落物量最多,榕树林最少.各样方土壤 pH 值范围在 4.45 ~ 5.81 之间,呈酸性.与其他样方相比,桉树林和榕树林样方 TOC、TN、TP 含量较低.

单因素方差分析结果表明,恢复样方土壤中 TOC、TN、TP 含量显著低于对照样方,pH 值显著高于对照样方(*p* < 0.05).Pearson 相关分析结果表明,除桉树林外,各样方林下调落物量与土壤 TOC 呈显著正相关关系(*p* < 0.05),表明凋落物分解促进了土壤 TOC 含量提高.

表 3 凋落物数量及土壤化学性质测定结果
Tab. 3 Soil chemical properties and litter falls at the sampling stations

样方	凋落物量 /kg · m ⁻²	<i>C</i> _{TOC} /%	<i>C</i> _{TN} /g · kg ⁻¹	<i>C</i> _{TP} /g · kg ⁻¹	pH 值
1	10.08	2.38	2.37	1.16	4.45
2	9.72	3.08	2.60	2.53	4.86
3	15.32	2.69	2.45	0.41	4.56
4	29.56	4.40	2.69	2.71	5.69
5	10.96	1.93	1.90	0.53	5.67
6	6.28	2.77	2.45	2.02	5.73
7	7.85	3.05	2.58	2.16	5.75

续表 3					
样方	凋落物量 /kg · m ⁻²	<i>C</i> _{TOC} /%	<i>C</i> _{TN} /g · kg ⁻¹	<i>C</i> _{TP} /g · kg ⁻¹	pH 值
8	3.92	0.92	1.11	0.22	5.81
9	4.85	1.12	1.48	0.33	5.79
10	13.42	1.32	1.52	0.40	5.35
11	12.78	1.20	1.60	0.48	5.44

2.3 讨论

2.3.1 人工恢复林与次生林群落生态学比较 调查发现,猴屿人工恢复林物种多样性和次生林无显著差异,可能是由于猴屿次生林群落物种多样性较低造成的.种源距离直接影响物种的传播^[9].海岛由于被海水包围,物种的传播受到限制,造成了海岛较陆地区域更慢的植被自然演替速度.岛屿的面积大小、隔离程度以及生境异质性决定了岛屿生物的丰富程度^[10].猴屿面积狭小、地形简单,植被多样性较低,人工林物种多样性很容易达到次生林的水平.

调查发现,猴屿人工恢复林土壤化学物质含量显著低于次生林,表明植物生长时间越长,土壤肥力越高,植物生长对土壤肥力的增加具有明显的促进作用.同时,除了桉树林外,其余林地样方土壤 TOC 含量与凋落物现存量呈显著正相关关系.凋落物分解是森林生态系统养分循环中的重要生态过程之一,90% 以上的地上部分净生产量通过凋落物的方式返回地面^[11],人工恢复林产生的大量凋落物分解可以促进土壤有机质的积累^[12].有研究表明,桉树凋落物分解缓慢,不利于养分循环^[13],造成尽管桉树林凋落物较多,但土壤 TOC 含量升高不明显.因此,在考虑海岛植被恢复树种时,应重视植物凋落物生态学的研究和应用.此外,凋落物还有水土保持作用^[14],这对于淡水缺乏、土壤层薄的无居民海岛尤为重要.

2.3.2 恢复物种对海岛环境的适应性 调查发现,由于开发建设导致植被破坏、水土流失,造成土壤层薄、保水能力差,植物水分供应不足,进而造成桉树等需水量大的植物叶片多处于干枯状态.此外,海岛常年受到海风、盐雾的影响,也加速了植物叶片的干枯凋落,这也是造成位于四周边坡的三角梅存活率低的主要原因.因此,海岛植被恢复应根据所处生境,尽量选取抗逆性强的乡土物种和先锋物种,以适应严苛的海岛环境.

海岛生境隔离、生态系统简单,外来种引入后极易引起生物入侵,对海岛生态环境和生物多样性造

成巨大的威胁^[15-17]。马缨丹适应环境能力强,并能够通过无性繁殖迅速扩张,同其它植物竞争水、肥、光照和空间等^[18],且其植株具有很强的化感作用,能够抑制其它植物种子发芽和幼苗生长,导致其它植物衰退甚至消失,形成马缨丹单种优势群落^[19],给所在生态系统的结构和功能带来极大的破坏。电塔建设造成岛上出现大片空地,马缨丹迅速蔓延入侵,目前马缨丹群落已在全岛分布,入侵现象严重,并影响到榕树等植物的生长,应立即采取措施,清除外来物种的威胁,并进行定期监测,防止外来物种对海岛生态系统造成影响和损失。

陆地林地群落调查样方一般为 20 m × 20 m 或 10 m × 10 m,由于猴屿面积较小,调查样方面积受到限制,可能会影响到分析结果,同时可供比较的样方数不足,尤其是对照样方较少,也会对结论产生影响。这些都是无居民海岛植被恢复生态研究的限

制因素。随着无居民海岛植被恢复实践的增多,将多个海岛样方进行研究分析,应是下一步的研究重点。

3 结论

本研究通过对厦门无居民海岛猴屿的植被恢复过程中物种多样性和土壤特征的分析,获得了如下认识:

(1)2016 年 4 月猴屿全岛共有乔木 6 种、灌木 13 种、草本 40 种。由于被海包围、面积狭小、地形简单,物种传播速度慢,猴屿生物多样性较低,猴屿人工恢复林物种多样性与次生林差异不显著。

(2)人工恢复林的土壤肥力显著低于次生林,植物生长及其产生的凋落物可以促进土壤肥力的改善。

(3)猴屿植被破坏导致生态位缺失,进而造成马缨丹生物入侵,影响海岛生态系统稳定性。

参考文献:

- [1] 孙元敏,陈彬,俞炜炜,等. 海岛资源开发活动的生态环境影响及保护对策研究[J]. 海洋开发与管理, 2010, 27(6): 85-89.
- [2] 周厚诚,任海,彭少麟. 广东南澳岛植被恢复过程中的群落动态研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(3):298-305.
- [3] 任海,李萍,彭少麟,等. 海岛与海岸带生态系统恢复与生态系统管理[M]. 北京:科学出版社, 2004.
- [4] 廖连招. 厦门无居民海岛猴屿生态修复研究与实践[J]. 亚热带资源与环境学报, 2007, 2(2):57-61.
- [5] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海:华东师范大学出版社, 2001.
- [6] 李振基. 群落生态学[M]. 北京:气象出版社, 2011.
- [7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1978.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3. 北京:中国农业出版社, 2013.
- [9] Novak J, Konvicka M. Proximity of valuable habitats affects succession patterns in abandoned quarries[J]. Ecological Engineering, 2006, 26(2):113-122.
- [10] MacArthur R H, Wilson E O. The theory of island biogeography[M]. Princeton: Princeton University Press, 1967.
- [11] Loranger G, Ponge J F, Imbert D, et al. Leaf decomposition in two semi-evergreen tropical forests: influence of litter quality [J]. Biology & Fertility of Soils, 2002, 35(4):247-252.
- [12] Zhang H, Chu L M. Plant community structure, soil properties and microbial characteristics in revegetated quarries[J]. Ecological Engineering, 2011, 37(8):1 104-1 111.
- [13] Guo L B, Sims R E H. Effects of light, temperature, water and meatworks effluent irrigation on eucalypt leaf litter decomposition under controlled environmental conditions[J]. Applied Soil Ecology, 2001, 17(3):229-237.
- [14] 汪思龙,陈楚莹. 森林残落物生态学[M]. 北京:科学出版社, 2010.
- [15] 钟晓青,黄卓,司寰,等. 深圳内伶仃岛薇甘菊危害的生态经济损失分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2004, 12(2): 167-170.
- [16] 罗琦,秦卫华,周守标,等. 蛇岛外来物种入侵现状及生态影响调查[J]. 野生动物学报, 2007, 28(3):29-32.
- [17] 陈友吾,林晓佳,季宏铁,等. 加拿大一枝黄花入侵对海岛植物多样性的影响及评价[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(4):1 708-1 709.
- [18] Rawat Y S, Bhatt Y D, Pande P, et al. Production and nutrient cycling in *Arundinaria falcata* and *Lantana camara*: The two converted ecosystems in central Himalaya[J]. Tropical Ecology, 1994, 35(1): 53-67.
- [19] Gentle C B, Duggin J A. Interference of shape *Choricarpia leptopetala* by shape *Lantana camara* with nutrient enrichment in mesic forests on the Central Coast of NSW[J]. Plant Ecology, 1998, 136(2):205-205.

Preliminary study on the characteristics of species diversity and the soil in non-resident island vegetation restoration

SUN Yuan-min, TANG Kun-xian, CHEN Hui-ying, CHEN Yu-zhen, HUANG Hai-ping, CAI Lu-chun

(Third Institute of Oceanography, SOA, Xiamen 361005, China)

Abstract: The characteristics of species diversity and the soil in non-resident island vegetation restoration on the Monkey Island of Xiamen was investigated based on the vegetation and soil data in April 2016 to provide reference for island ecological restoration. In the study species diversity and soil fertilities between the artificial restored woods and the second growth on the island were compared. The results showed that the plant diversity was low in the Monkey Island due to its small areas and simple sea surrounded terrain. There were 6 trees in 5 genera of 5 families, 13 shrubs in 12 genera of 10 families and 40 herbs in 39 genera of 21 families on the island. The species diversity was indifference between the restoration forestry and the secondary forestry probably because of the low species diversity. The soil fertility was much lower in the restoration forestry than in the secondary forestry. The growth of vegetation and its litter can increase the soil fertility. Due to the windy and water shortage on the island, the plant species able to adapt to the island environment should be selected in vegetation restoration. *Lantana camara* invasion is severe on the island, where it treats the stability of island ecosystem and should be removed in time.

Key words: marine biology; non-resident island; vegetation restoration; species diversity; soil fertility

DOI:10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2017. 01. 001

(责任编辑:方建勇)