

25 年来广西滨海红鳞蒲桃群落的变化特征*

Variation Characteristics of *Syzygium hancei* Communities along the Coast of Guangxi during the Past 25 Years

曾 聪, 李蕾鲜

ZENG Cong, LI Leixian

(广西科学院广西红树林研究中心, 广西红树林保护与利用重点实验室, 广西北海 536000)

(Guangxi Key Lab of Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要:【目的】研究广西滨海红鳞蒲桃群落 1986 年和 2012 年两个时期的群落变化特征, 为其保护、恢复和重建提供群落学基础。【方法】运用 α 多样性指数和 β 多样性指数对比分析 1986 年和 2012 年两个时间梯度红鳞蒲桃群落物种组成和物种多样性的变化特点, 初步掌握其群落变化特征。【结果】相对于 25 年前, 红鳞蒲桃群落的优势种红鳞蒲桃的地位更加明显, 由于边缘效应, 群落物种丰富度总体上升。两个时间梯度的群落存在物种组成结构异质性, 灌木层消失和增加的种类都较多, 其异质性主要表现在灌木层上, 其次为乔木层。【结论】25 年间, 广西滨海的红鳞蒲桃群落存在物种组成结构异质性, 物种的替代和更迭无一定规律, 但群落物种组成未发生质的变化, 群落整体空间格局相对完好, 仍保持地带性植物群落的结构和功能特征, 可为改造和建立广西海岸带防护林及其地带性植被提供群落学基础。

关键词: 红鳞蒲桃 群落变化 异质性

中图分类号: Q948.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2017)05-0468-06

Abstract:【Objective】The variation of *Syzygium hancei* community along the coast of Guangxi in 1986 and 2012 was studied to provide a community basis for protection, restoration and reconstruction. 【Methods】The species composition and species diversity of *Syzygium hancei* community in 1986 and 2012 was analyzed by using alpha diversity index and beta diversity index, so as to master its initial community variation characteristics. 【Results】Compared with 25 years ago, the dominant species, especially *Syzygium hancei*, were more pronounced, and the richness of the community increased as a result of the edge effect. There was heterogeneity of species composition structure in the two time gradient communities. The species of shrub layer changes were obvious, and it was the main factor of the formation of heterogeneity, followed by the tree layer. 【Conclusion】During the past 25 years, there was heterogeneity in *Syzygium hancei* community, the replacement and change of species were not regular, but there was no qualitative change in species composition. The spatial pattern of communities was intact relatively, and it still kept the characteristics for the structure and function of zonal forest. It would

provide a community basis for the transformation and establishment of the protective coast-forest and zonal vegetation along Guangxi coast.

Key words: *Syzygium hancei*, community variation, heterogeneity

收稿日期: 2017-03-23

作者简介: 曾 聪(1979—), 女, 助理研究员, 主要从事滨海植被和滨海湿地研究, E-mail: zengcong1224@126.com.

* 广西科学院基本科研业务费项目(12YJ25HS14)和广西红树林保护与利用重点实验室基金课题(GKLMC-201405)资助。

0 引言

【研究意义】在人类活动的强烈干扰下,广西滨海的原生植被严重退化,曾广泛分布的地带性植被消失殆尽,而缓解森林资源压力现实需要的桉树经济林快速发展。截止 2010 年,广西滨海 5 km 范围内,经济林占植被总面积的 41.8%,天然林仅占 22.4%,其中 4.6% 为红树林,其他基本为马尾松疏林^[1]。在广西滨海经济迅速发展的新形势下,残存的原生植被将面临更加艰难的生存挑战。红鳞蒲桃耐盐、抗风、适沙性强,可分布至海岸带的最前沿,在某些岸段已成为第一道天然屏障,个别植株甚至到达海水淹没的高潮线附近,以红鳞蒲桃为优势种的季雨林是广西海岸线以上 2 km 范围内唯一保留下来的地带性植被,但如今在此范围该物种已处于濒危状态^[2]。掌握红鳞蒲桃群落的变化特征,对于保护现有的片林以及将它们作为模板改造和建立其他海岸防护林和地带性植被,具有重要意义。**【前人研究进展】**目前国内关于红鳞蒲桃的研究较少,仅涉及开花物候^[3]、苗木培育^[4]、苗木生理^[5-7]、群落特征^[1,8-10]及人为干扰对其群落的影响^[11]等,国外未见该种的相关报道。**【本研究切入点】**通过对比分析两个时间梯度的红鳞蒲桃群落物种组成和物种多样性的变化特点,初步掌握其群落变化特征。**【拟解决的关键问题】**探索人类活动干扰下红鳞蒲桃群落的变化特征,为红鳞蒲桃季雨林的保护、恢复和重建提供群落学基础。

1 材料与方法

1.1 样地设置

样地布设地点位于广西防城港市海岸线以上 2 km 范围内,群落 1 和群落 2 分布于巫头村,群落 3 分布于天堂坡村,群落 4 分布于簕山村。1986 年的数据由李信贤提供,2012 年样方设置点的确定依据 1986 年对样地的描述、样方点的记录和李信贤实地回忆确认,以确保在原来位置开展调查。调查采用最小取样面积法设置样方,因受群落自身面积的限制,各群落取样面积不相同,群落 1、群落 2 和群落 3 样方取样面积 10 m×10 m,群落 4 取样面积 20 m×20 m。调查样方中乔木层植物的树高、胸径和冠幅,灌木层、草本层植物的种类、高度和盖度,层间植物计入灌木层。

1.2 群落面积测量

采用手持 GPS 实地绕测并结合遥感图像计算群落面积及斑块数量和面积。

1.3 数据处理

1.3.1 破碎度指数

把单位面积上的斑块数量作为群落破碎化程度特征的指标,称为破碎度指数(FI),计算公式为 $FI = N/A$, N 为总斑块数, A 为斑块的总面积^[12]。

1.3.2 重要值

重要值用来表示某个种在群落中的地位和作用的综合数量指标。相对密度(RA) = (某一种植物的个体总数/同一生活型植物个体总数) × 100; 相对盖度(RC) = (某个种的盖度/所有种盖度之和) × 100; 相对频度(RF) = (一个种的频度/所有种的频度总和) × 100; 相对显著度(RD) = (该种所有个体胸高断面面积之和/所有种个体胸高断面面积总和) × 100。乔木层相对重要值(IV_1) = (RA + RD + RF)/3; 灌木层相对重要值(IV_2) = (RA + RC + RF)/3; 草本层相对重要值(IV_3) = (RC + RF)/2。

1.3.3 多样性指数

采用了 Shannon-Wiener 指数(H)和 Simpson 指数(D)^[13]进行 α 多样性测度。 β 多样性可以较直观地反映不同群落间物种组成的差异^[14],以 1986 年和 2012 年为两个梯度,采用相异性系数(CD)和 Cody 指数(β_c)^[15]进行 β 多样性测度。 $H = -\sum_{i=1}^n Pi \ln Pi$; $D = 1 - \sum_{i=1}^n Pi^2$; $CD = 1 - 2C/(a+b)$; $\beta_c = (G+L)/2$ 。式中 Pi 为种 i 的相对重要值^[16]; C 为同一群落 1986 年和 2012 年样方中相同的物种数, a 、 b 为各自的物种数, G 为增加的物种数, L 为失去的物种数^[15]。

2 结果与分析

2.1 红鳞蒲桃群落破碎化现状

生境破碎化是指在人为活动和自然干扰下,大块连续分布的自然生境,被其他非适宜生境分隔成许多面积较小斑块的过程^[17]。运用景观生态学上的破碎度指数(个/hm²)来表达群落破碎化程度,它反映的是斑块数与面积的比值,数值大表明在单位面积上的斑块多,即破碎度大,另则反之。现有的红鳞蒲桃群落以“风水林”片状残存于各村落,其间有房屋、道路、菜园、鱼塘、垃圾堆场等将这些片林分成数个更小的斑块,人类活动的干扰造成了红鳞蒲桃群落的破碎化,群落 1 至群落 4 的破碎度指数分别为 4.72, 6.19, 5.67 和 1.92。群落 1 至群落 3 的破碎程度较高,群落 4 保存相对完好。

2.2 红鳞蒲桃群落优势种重要值

从表 1 可知,乔木层中,群落 1、群落 2 和群落 3 红鳞蒲桃的重要值仍位居第 1,群落 4 从第 2 跃居第

1; 群落 1 排列第 2 的鸭脚木消失, 另外三花冬青 (*Ilex triflora*)、野漆 (*Toxicodendron succedaneum*)、厚叶山矾 (*Symploco scrassilimba*) 等也消失, 新增山杜英; 群落 2 的主要优势种朴树和小叶柿消失, 新增降真香、黄槿、苦楝 (*Melia azedarach*) 和潺槁 (*Litsea glutinosa*); 群落 3 的主要优势种朴树、破布叶 (*Microcos paniculata*) 和小叶柿消失, 新增降真香和豺皮樟; 群落 4 的主要优势种朴树消失, 其他乌材、破布叶和越南牡荆 (*Vitex tripinnata*) 等 12 种也消失, 新增降真香、豺皮樟和打铁树 (*Rapanea linearis*) 等。灌木层中, 群落 1 的优势种下龙新木姜被新增种小叶乌药取代, 排列次之的小叶柿消失, 分别排在第 3、第 4 和第 5 的降真香、

五角紫金牛和鸭脚木重要值各上升 1 位, 其他有 6 种消失, 新增 18 种; 群落 2 新增种岭南山竹子和滨木患重要值超过下龙新木姜、酒饼筋、九节等, 分别排在第 2 和第 3, 其他有 6 种消失, 新增 18 种; 群落 3 变化相对较小, 优势种仍为下龙新木姜, 但重要值下降, 位居第 2 的酒饼筋重要值明显下降, 龙船花上升至第 2; 其他有 5 种消失, 新增 22 种; 群落 4 的主要优势种类基本不变, 重要值稍有波动, 但非优势种类变化较大, 原有 71 种, 消失 43 种, 新增 13 种。草本层中, 群落 1 华山姜重要值从第 4 上升至第 1, 淡竹叶和弓果黍消失, 新增鸭跖草; 群落 2 沿阶草消失; 群落 3 沿阶草仍排第 1, 新增鸭跖草、鹿藿、弓果黍和淡竹叶; 群落 4 仍无草本。

表 1 1986 和 2012 年广西滨海红鳞蒲桃群落各层优势种及相对重要值

Table 1 Dominant species and relative importance value in different layer of *Syzygium hancei* communities along the coast of Guangxi in 1986 and 2012

项目 Item	群落 1 Community 1		群落 2 Community 2		群落 3 Community 3		群落 4 Community 4	
	1986	2012	1986	2012	1986	2012	1986	2012
乔木层 Tree layer	红鳞蒲桃 30.54	红鳞蒲桃 36.84	红鳞蒲桃 79.57	红鳞蒲桃 50.97	红鳞蒲桃 51.07	红鳞蒲桃 51.41	下龙新木姜 18.17	红鳞蒲桃 39.12
	鸭脚木 22.81	大沙叶 29.68	下龙新木姜 9.09	下龙新木姜 16.87	下龙新木姜 21.20	降真香 18.47	红鳞蒲桃 14.44	广东润楠 10.53
	大沙叶 13.28	降真香 17.11	朴树 7.30	大沙叶 9.81	朴树 11.32	下龙新木姜 3.45	朴树 10.55	九节 8.49
	降真香 9.98	逼迫子 11.57	大沙叶 2.30	降真香 9.47	乌材 5.53	豺皮樟 6.43	广东润楠 9.19	降真香 7.12
	逼迫子 3.88	山杜英 4.81	小叶柿 1.57	黄槿 4.93	破布叶 5.48	乌材 6.09	九节 5.13	下龙新木姜 6.82
灌木层 Shrub layer	下龙新木姜 15.33	小叶乌药 21.96	下龙新木姜 38.19	岭南山竹子 28.21	下龙新木姜 36.13	下龙新木姜 15.46	下龙新木姜 19.00	下龙新木姜 22.19
	小叶柿 12.83	降真香 9.66	酒饼筋 20.66	滨木患 10.41	酒饼筋 19.38	龙船花 11.57	喙果皂帽花 8.94	九节 13.87
	降真香 8.56	五角紫金牛 6.25	九节 6.41	下龙新木姜 4.89	大沙叶 5.42	异株木犀榄 11.33	九节 7.26	喙果皂帽花 7.49
	五角紫金牛 5.59	鸭脚木 6.03	大沙叶 6.41	酒饼筋 4.56	九节 5.42	九节 7.13	大沙叶 4.91	五角紫金牛 6.29
	鸭脚木 5.59	异株木犀榄 5.81	乌材 5.49	九节 3.83	龙船花 4.10	大沙叶 2.79	五角紫金牛 2.79	大沙叶 3.57
草本层 Herb layer	沿阶草 39.29	华山姜 51.67	沿阶草 100.0	—	沿阶草 100.0	沿阶草 47.50	—	—
	淡竹叶 22.62	鸭跖草 24.17	—	—	—	鸭跖草 12.50	—	—
	弓果黍 22.62	沿阶草 24.17	—	—	—	鹿藿 11.25	—	—
	—	—	—	—	—	弓果黍 11.25	—	—
	—	—	—	—	—	淡竹叶 11.25	—	—

注 Note: 红鳞蒲桃 *Syzygium hancei*; 鸭脚木 *Schefflera octophylla*; 大沙叶 *Aporosa dioica*; 降真香 *Acronychia pedunculata*; 逼迫子 *Bridelia tomentosa*; 山杜英 *Elaeocarpus sylvestris*; 下龙新木姜 *Neolitsea alongensis*; 朴树 *Celtis sinensis*; 小叶柿 *Diospyros dumetorum*; 黄槿 *Hibiscus tiliaceus*; 乌材 *Diospyros eriantha*; 破布叶 *Microcos paniculata*; 豺皮樟 *Litsea rotundifolia*; 广东润楠 *Machilus kwangtungensis*; 九节 *Psychotria rubra*; 五角紫金牛 *Ardisia quinquegona*; 小叶乌药 *Lindera aggregata* var. *playfairii*; 异株木犀榄 *Olea dioica*; 酒饼筋 *Atalantia buxifolia*; 岭南山竹子 *Garcinia oblongifolia*; 滨木患 *Aryterea littoralis*; 龙船花 *Ixora chinensis*; 喙果皂帽花 *Dasymaschalon rostratum*; 沿阶草 *Ophiopogon stenophyllus*; 淡竹叶 *Lophatherum gracile*; 弓果黍 *Cyrtococcum patens*; 华山姜 *Alpinia chinensis*; 鸭跖草 *Commelina communis*; 鹿藿 *Rhynchosia volubilis*

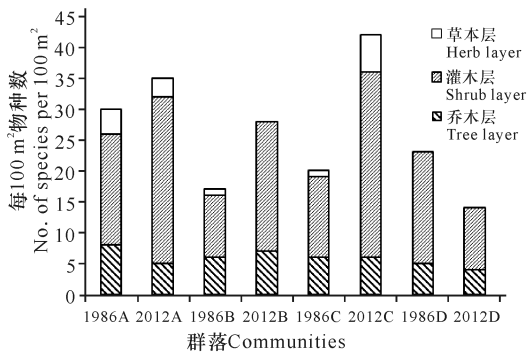
2.3 α 多样性

从图 1 可知, 群落 1、群落 2 和群落 3 物种丰富度上升, 而群落 4 下降。物种丰富度的变化主要表现在灌木层上, 群落 4 灌木层减少 8 种, 群落 1 增加 9 种, 群落 2 增加 11 种, 群落 3 增加 17 种。草本层, 群落 1 和群落 2 各减少 1 种, 群落 3 增加 5 种。从图 2 可知, 单位面积上群落 1、群落 2 和群落 3 的乔木层和草本层物种数占群落总物种数的比例下降, 而灌木层比例上升; 群落 4 灌木层比例下降, 而乔木层比例

上升。群落 2 和群落 3 新增种主要为常见的喜阳和先锋种类, 如苦楝、黄槿、潺槁、逼迫子、滨木患、小叶乌药等。

4 个群落的 Shannon 指数和 Simpson 指数总体上以灌木层最大, 乔木层次之, 草本层最小 (表 2)。群落 2 和群落 3 两种多样性指数均上升; 群落 1 乔木层的 Shannon 指数略有下降, 灌木层和草本层的上升, 而乔木层和草本层的 Simpson 指数略有下降, 灌木层的基本不变; 群落 4 两种多样性指数均稍有降

低, Shannon 指数的下降比 Simpson 指数明显。

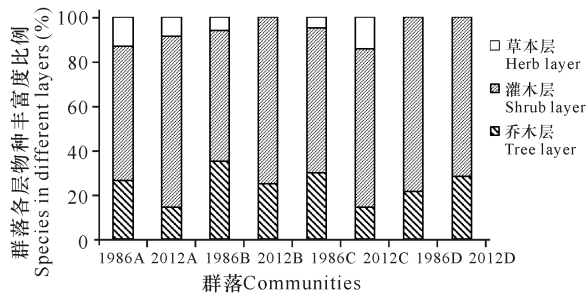


A、B、C 和 D 分别代表群落 1、群落 2、群落 3 和群落 4

A, B, C, and D refers to community 1, community 2, community 3, and community 4 respectively

图 1 1986 年和 2012 年红鳞蒲桃群落物种丰富度

Fig. 1 Species richness of *Syzygium hancei* communities in 1986 and 2012



A、B、C 和 D 分别代表群落 1、群落 2、群落 3 和群落 4

A, B, C, and D refers to community 1, community 2, community 3, and community 4 respectively

图 2 1986 年和 2012 年红鳞蒲桃群落各层物种丰富度比例

Fig. 2 Percentage of species richness at different layers of *Syzygium hancei* communities in 1986 and 2012

2.4 β 多样性

群落的相异性系数(CD)是从物种组成的差异反

表 2 1986 年和 2012 年红鳞蒲桃群落各层物种多样性

Table 2 Species diversity at different layers of *Syzygium hancei* communities in 1986 and 2012

群落名称 Community	冠层 Layer	Shannon 指数 Shannon index		Simpson 指数 Simpson index	
		1986	2012	1986	2012
群落 1 Community 1	I	1.85±0.09	1.43±0.09	0.81±0.03	0.73±0.06
	II	2.64±0.07	2.89±0.07	0.92±0.01	0.92±0.01
	III	1.33±0.03	1.36±0.19	0.72±0.06	0.62±0.12
群落 2 Community 2	I	0.75±0.08	1.50±0.09	0.35±0.26	0.69±0.10
	II	1.91±0.08	2.51±0.08	0.79±0.05	0.87±0.02
	III	—	—	—	—
群落 3 Community 3	I	1.40±0.09	1.40±0.09	0.67±0.10	0.67±0.10
	II	2.09±0.09	2.99±0.07	0.81±0.04	0.93±0.01
	III	—	1.52±0.06	—	0.72±0.09
群落 4 Community 4	I	2.61±0.08	2.14±0.08	0.91±0.01	0.81±0.04
	II	3.54±0.05	2.99±0.07	0.94±0.01	0.91±0.01
	III	—	—	—	—

注 Note: I, 乔木层 Tree layer; II, 灌木层 Shrub layer; III, 草本层 Herb layer

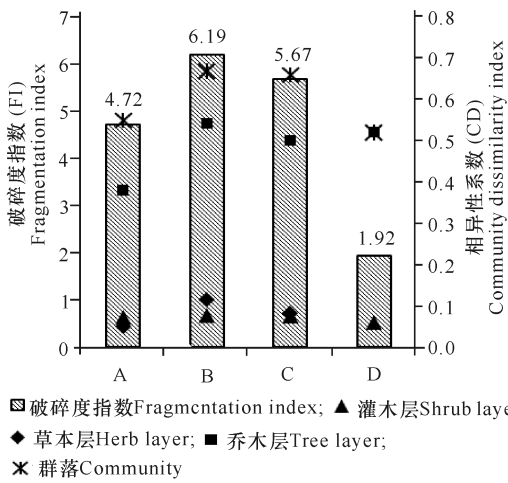
映群落间的异质性,相异性系数越大,群落异质性越大。而 Cody 指数 (β_c) 是从物种的增减反映群落间的差异,物种增加或者消失的数量越大, Cody 指数越大,群落差异越大。

2.4.1 相异性系数

以 1986 年和 2012 年相同地点的群落作为两个梯度比较,从图 3 可知,群落 2 破碎度指数最高,其两个梯度的群落以及乔木、灌木、草本层的相异性系数相对较高,其他依次为群落 3、群落 1 和群落 4。可见群落的破碎化程度对群落的物种组成有一定影响。4 个群落两个梯度相异性系数变化规律均为群落 > 乔木层 > 草本层 > 灌木层,说明两个梯度里灌木层相同的种类数量较多,而乔木层的种类的变化是群落产生异质性的主要因素。

2.4.2 Cody 指数 (β_c)

同样以 1986 年和 2012 年两个年份相同地点的群落作为两个梯度比较,从图 4 可知,4 个群落的 Cody 指数变化规律为群落 > 灌木层 > 乔木层 > 草本层,这主要受灌木层影响,同时反映出两个时间梯度里群落中灌木层种类的增加和消失数量较大。灌木层的 Cody 指数较大,而相异性系数却最小,两个系数的变化表现形式不完全相同,说明灌木层即使消失和增加的种类都较多,但是由于该层的种类较丰富,相同的种类数量仍然比乔木层和草本层多,这与 Shannon 和 Simpson 指数计算结果一致。其中群落 4 灌木层 Cody 指数最大,该结果与调访村民所得的结果一致,因为该群落灌木层常被砍伐做薪柴或受其他禽畜影响程度比其他群落大。

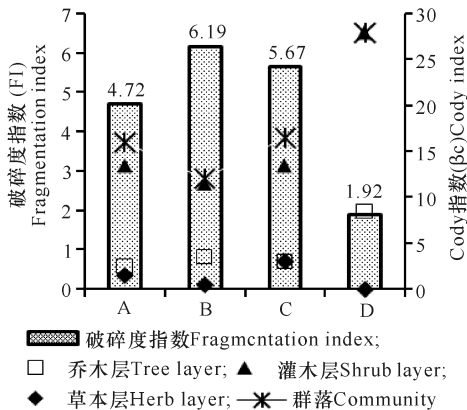


A、B、C 和 D 分别代表群落 1、群落 2、群落 3 和群落 4

A, B, C, and D refers to community 1, community 2, community 3, and community 4 respectively

图 3 1986 年和 2012 年两个时间梯度红鳞蒲桃群落及各层的相异性系数

Fig. 3 The dissimilarity index of different layers and communities of *Syzygium hancei* in 1986 and 2012



A、B、C 和 D 分别代表群落 1、群落 2、群落 3 和群落 4

A, B, C, and D refers to community 1, community 2, community 3, and community 4 respectively

图 4 1986 年和 2012 年两个时间梯度红鳞蒲桃群落及各层的 Cody 指数

Fig. 4 The Cody index of different layers and communities of *Syzygium hancei* in 1986 and 2012

3 讨论

综上所述, 25 年来红鳞蒲桃群落物种组成结构存在一定异质性, 乔木层红鳞蒲桃的地位更加明显, 灌木层消失和增加的种类较多, 种类组成变化较大, 但是由于人为干扰强烈, 群落不断破碎化, 出现了边缘效应, 新增物种较多, 总体上群落物种丰富度上升。乔木层重要值居前的朴树、下龙新木姜、鸭脚木、小叶柿等高大或材质较硬的乔木消失, 很大程度上是作为木材被选择性砍伐, 而三花冬青、野漆、破布叶等小乔

木也会被砍伐做薪或其他, 使得红鳞蒲桃的优势地位更为明显; 在光照较充足的群落边缘或林窗则出现了喜阳或先锋种类豺皮樟、黄槿、苦楝和潺槁等。群落的异质性主要表现在灌木层上, 灌木层种类变化最大, 早年部分种类因被砍伐作薪柴而消失, 煤气取代薪柴后, 由于乔木层郁闭度较大, 加之人类活动更加频繁, 林下灌木层植株逐渐消失; 而由于林窗的出现, 适应性较强的普通种黄槿、苦楝、小叶乌药和逼迫子等出现于群落的边缘, 故而出现较多新种类。同理, 草本层新增的种类也主要分布于林窗及周边。这种边缘效应与孙震^[18]提出的斑块周界部分常常具有较高的物种丰富度结论一致, 也与 Fahrig^[17]、刘建锋等^[19]、李晓文等^[20]提出的破碎化会抑制特殊种的生存, 但对普通种较为有利的结论符合。

4 结论

在人为干扰下, 25 年来广西滨海海岸线以上 2 km 范围内的红鳞蒲桃群落存在物种组成结构异质性, 物种的替代和更迭无一定规律, 但群落物种组成未发生质的变化, 群落整体空间格局相对完好, 仍保持地带性季雨林的结构和功能特征。因此, 现有的红鳞蒲桃片林作为广西滨海唯一存留的地带性植被, 可为改造和建立广西海岸带防护林及其地带性植被提供群落学基础, 具有较高的保护和恢复价值。

致谢

感谢广西大学林学院李信贤老师对基础数据的贡献以及在第二次调查中的悉心指导。

参考文献:

[1] 国家海洋局第一海洋研究所, 广西红树林研究中心. 广西壮族自治区海岸带植被资源调查报告[R]. 北海: 广西红树林研究中心, 2010.
The First Institute of Oceanography, SOA, Guangxi Mangrove Research Center. Vegetation resource of coastal Guangxi [R]. Beihai: Guangxi Mangrove Research Center, 2010.

[2] 曾聪, 李蕾鲜, 范航清. 广西滨海红鳞蒲桃资源现状与群落特征[J]. 广西科学, 2011, 18(3): 283-288.
ZENG C, LI L X, FAN H X. Resource status and community characteristics of *Syzygium hancei* along the coast of Guangxi [J]. Guangxi Sciences, 2011, 18(3): 283-288.

[3] 顾克潇, 赖家业, 汪洋. 红鳞蒲桃开花物候特性研究[J]. 广西农业科学, 2009, 40(5): 552-555.
GU K X, LAI J Y, WANG Y. Flowering phenology characteristics of *Syzygium hancei* [J]. Guangxi Agricultural Sciences, 2009, 40(5): 552-555.

- [4] 夏江林,袁仁庚,胡七乔. 园林树种红鳞蒲桃的培育[J]. 林业实用技术, 2005(3):40.
XIA J L, YUAN R G, HU Q Q. Cultivation of garden species *Syzygium hancei* [J]. Practical Forestry Technology, 2005(3):40.
- [5] 招礼军,李森,谢伟东. 2种培养基质红鳞蒲桃苗木的光合生理日变化初探[J]. 中国农学通报, 2010, 26(2):141-144.
ZHAO L J, LI M, XIE W D. Photosynthetic physiological diurnal variation of *Syzygium hancei* seedling in two filter media[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(2):141-144.
- [6] 蓝燕,谢伟东,莫小香,等. 广西滨海植物红鳞蒲桃的生理特征分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(5):123-127.
LAN Y, XIE W D, MO X X, et al. Study on physiological characteristic of *Syzygium hancei* in coastal ecotone of Guangxi[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2010, 30(5):123-127.
- [7] 曾聪,史小芳,邱广龙,等. 移栽胁迫对红鳞蒲桃群落5种优势植物苗木生理特征的影响[J]. 广西科学院学报, 2014, 30(4):263-268.
ZENG C, SHI X F, QIU G L, et al. The influence of transplanting stress on seedlings physiological characteristic of five dominant species in *Syzygium hancei* communities[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2014, 30(4):263-268.
- [8] 苏小青,陈世品,童建宁. 福建主要树种的分布与气候条件关系的研究[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(4):371-375.
SU X Q, CHEN S P, TONG J N. The preliminary study of the correlation between the distribution of main tree species and the climate factors in Fujian Province[J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2001, 21(4):371-375.
- [9] 李蕾鲜. 广西海岸带的红鳞蒲桃现状、问题和建议[J]. 大众科技, 2008(9):162-163.
LI L X. Resource status, problems and suggestion of *Syzygium hancei* along the coast of Guangxi[J]. Popular Science & Technology, 2008(9):162-163.
- [10] 闭炳翠,王磊,罗弼樱,等. 广西滨海红鳞蒲桃群落多样性研究[J]. 广东农业科学, 2016, 43(10):89-94.
BI B C, WANG L, LUO B Y, et al. Community diversity of *Syzygium hancei* along the coast of Guangxi[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2016, 43(10):89-94.
- [11] 谢伟东,招礼军,邓荣艳,等. 干扰对红鳞蒲桃群落植物多样性及重要值的影响[J]. 西南大学学报:自然科学版, 2011, 33(6):58-63.
XIE W D, ZHAO L J, DENG R Y, et al. Influence of human disturbance on plant diversity and importance value of *Syzygium hancei* communities[J]. Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2011, 33(6):58-63.
- [12] 刘立成,吕世海,高吉喜,等. 呼伦贝尔森林-草原交错区景观格局时空动态[J]. 生态学报, 2008, 28(10):4982-4991.
LIU L C, LV S H, GAO J X, et al. Spatial-temporal landscape dynamics in the Hulunbeir forest-steppe ecotone[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10):4982-4991.
- [13] PIELOU E C. Ecological diversity[M]. New York: Wiley, 1975.
- [14] WHITTAKER R H, MARKS P L. Method of terrestrial productivity[Z]. In: Leith, 1975.
- [15] 刘增力,郑成洋,方精云. 河北小五台山北坡植物物种多样性的垂直梯度变化[J]. 生物多样性, 2004, 12(1):137-145.
LIU Z L, ZHENG C Y, FANG J Y. Changes in plant species diversity along an elevation gradient on Mt. Xiaowutai, Hebei, China[J]. Biodiversity Science, 2004, 12(1):137-145.
- [16] 吴洋洋,郭纯子,倪健. 天童国家森林公园主要森林植被过去30年的动态变化[J]. 应用生态学, 2014, 25(6):1547-1554.
WU Y Y, GUO C Z, NI J. Dynamics of major forest vegetations in Tiantong National Forest Park during the last 30 years[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(6):1547-1554.
- [17] FAHRIG L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity[J]. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematic, 2003, 34(1):487-515.
- [18] 孙震. 景观破碎化对生物多样性的影响机制探究[J]. 环境与可持续发展, 2014, 39(5):36-38.
SUN Z. Study on how landscape fragmentation affects biodiversity[J]. Environment and Sustainable Development, 2014, 39(5):36-38.
- [19] 刘建锋,肖文发,江泽平,等. 景观破碎化对生物多样性的影响[J]. 林业科学研究, 2005, 18(2):222-226.
LIU J F, XIAO W F, JIANG Z P, et al. A study on the influence of landscape fragmentation on biodiversity[J]. Forest Research, 2005, 18(2):222-226.
- [20] 李晓文,胡远满,肖笃宁. 景观生态学与生物多样性保护[J]. 生态学报, 1999, 19(3):399-407.
LI X W, HU Y M, XIAO D N. Landscape ecology and biodiversity conservation [J]. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(3):399-407.

(责任编辑:米慧芝)