

东莞低效荔枝林林下植被结构和多样性*

朱剑云¹ 解丹丹² 叶永昌¹ 苏志尧²

(1. 广东省东莞市林业科学研究所 东莞 523106; 2. 华南农业大学林学院 广州 510642)

摘 要 对东莞大岭山撂荒的荔枝林(品种为“妃子笑”)林下植被进行样方调查,分析了荔枝林林下植物群落的结构、多样性及生态位特征,并提出撂荒荔枝林未来发展的对策。共记录到林下植被 102 种,隶属于 50 科 85 属。其中,蕨类植物 13 种,隶属于 9 科 9 属;双子叶植物 65 种,隶属于 31 科 52 属;单子叶植物 24 种,隶属于 10 科 24 属。林下植被以灌木和乔木(幼苗)为优势生活型。灌木层与草本层物种多度分布差异不显著,其物种丰富度、均匀度、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数差异亦均不显著。林下层优势物种中有春花(*Raphiolepis indica*)等 8 种灌木,芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)等 7 种草本,玉叶金花(*Mussaenda pubescens*)等 5 种藤本。灌木层主要种群的生态位宽度与生态位重叠值变化范围分别为 0.909~1.450、0.567~0.955,草本层分别为 0.945~1.566、0.270~0.984。所调查的荔枝林林下自然演替的植被物种丰富,区系成分为亚热带地带性种类,结构亦较为复杂。因此,在荔枝产业面临转型的阶段,对于立地条件或荔枝品质较差不再经营的分林,可维持植被现状,或向生态公益林方向改造,以利于东莞荔枝产业的可持续发展。

关键词 撂荒 荔枝林 林下植被 群落结构 物种多样性 生态位特征 东莞

中图分类号: S667.1; S719 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2011)03-0682-06

Understory vegetation community structure and diversity in low-value lichee (*Litchi chinensis* Sonn.) plantation in Dongguan of South China

ZHU Jian-Yun¹, XIE Dan-Dan², YE Yong-Chang¹, SU Zhi-Yao²

(1. Dongguan Forestry Research Institute of Guangdong Province, Dongguan 523106, China; 2. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract Using field survey from an abandoned lichee (*Litchi chinensis* Sonn.) plantation in Dalingshan, Dongguan City, the community structure, diversity and niche characteristics of understory vegetation were analyzed. The field survey recorded 102 understory plant species, which belonged to 50 families and 85 genera. Thirteen ferns species of the vegetation mosaic belonged to 9 families and 9 genera; 65 dicotyledons belonged to 31 families and 52 genera; and 24 monocots belonged to 10 families and 24 genera. Shrubs and tree seedlings dominated the understory vegetation. There was no significant difference in species abundance between the shrub and herbaceous layers. No significant difference was also noted in the indices of species richness, evenness, Shannon-Wiener, and Simpson between the shrub and herbaceous layers. The dominant plant species included 8 shrubs (e.g., *Raphiolepis indica*), 7 herbs (e.g., *Dicranopteris dichotoma*) and 5 vines (e.g., *Mussaenda pubescens*). Niches breadth and niche overlaps were 0.909~1.450 and 0.567~0.955 for the main shrub layer, and 0.945~1.566 and 0.270~0.984 for the main herbaceous layer, respectively. The study revealed rich species of natural recruitment in the understory vegetation of lichee plantation. This was characterized by subtropical floristic elements with a complex structure. In view of the findings, it was suggested that in the transitional stage of Dongguan lichee industry, lichee plantation ceased to operate due to adverse stand conditions. Hence understory vegetation should be maintained or transformed into an ecological forest, which could help sustain the development of Dongguan lichee industry.

Key words Abandonment, Lichee plantation, Understory vegetation, Community structure, Species diversity, Niche characteristics, Dongguan

(Received Oct. 14, 2010; accepted Jan. 29, 2011)

* 东莞市科技局项目“东莞市森林生态系统碳储量及其碳汇技术研究”和广东省财政专项“森林生态科技研究与推广”资助
朱剑云(1972~), 男, 研究员, 博士, 主要研究方向为森林生态学。E-mail: zhujianyun2005@163.com
收稿日期: 2010-10-14 接受日期: 2010-01-29

林下植被在维持森林生物多样性、生态功能稳定性、养分循环等方面具有独特的功能和作用,是森林的重要组成部分^[1]。近年来生物多样性及保护的研究受到前所未有的高度关注,森林林下植被多样性变化日益受到重视^[2]。物种多样性表征生物群落的结构复杂性,体现群落的结构类型、稳定程度和生境差异。森林群落林下植被多样性研究对群落基本属性认识、群落稳定性判断具有重要意义^[3]。重要值作为物种的综合数量指标,表征物种在群落中的地位 and 作用,是应用最广的物种特征值^[4]。此外,由于生态位理论在研究群落结构、种的多样性等方面被广泛应用,使生态位理论成为近20年来生态学研究领域中非常活跃的领域之一^[5]。研究种群的生态位,无论对认识森林群落各种群的地位与作用,了解各种群间的相关关系,还是运用生态位理论指导人工群落的建立,都具有十分重要的意义^[6]。

东莞是我国南方荔枝的主产地,素有“荔枝之乡”的美誉,但过去由于种植面积扩张太快且整个荔枝产业进入低迷期,价格走低^[7-8],东莞市荔枝产业面临转型的阶段,除部分优良品种荔枝果园继续经营外,不少低效荔枝林被撂荒或砍伐,而砍伐撂荒的荔枝林会导致水土流失等生态环境问题。从荔枝产业可持续发展和保护环境的角度看,对目前非经营性的撂荒荔枝林,保留原有林分或向生态公益林方向改造,既可以保持荔枝产业合适的规模,又有利于保护环境,是有利于荔枝产业可持续发展的一种有益途径^[9]。目前,国内外对荔枝产业的研究主要着眼于荔枝高产优质品种以及荔枝采后贮藏保鲜技术的研究^[10-11],对于低效荔枝林未给予重视。为此对东莞市大岭山非经营性的撂荒荔枝林林下植被进行调研,分析林下植物群落的组成、多样性及生态位特征,旨在为南亚热带果林与人工林的改造和保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究地自然概况

大岭山位于广东省东莞市南部,珠江口的东北部,处于珠江三角洲开发区的中心地带。地理位置为东经 113°46'53", 北纬 22°50'42"。地貌属低山、丘陵,整个地势东北部偏高,西北部偏低,海拔多为 150~450 m。本次调查地杨梅水库尾的海拔 68.7 m,坡度 6°,坡向西北。

大岭山属亚热带季风气候,全年暖热,平均气温 21.7℃,1 月份平均气温 13.5℃,7 月份平均气温 28℃,极端最高气温 37.9℃,极端最低气温 0.4℃,4~10 月份为夏季,平均气温在 22℃以上,夏长

冬短,无霜期达 350 d;年平均降水量 1790 mm,最大日降水量在 6 月,纪录为 395.5 mm,最小降雨量在 1 月,为 2.2 mm。水热条件好,有助于林木的生长,按四季气候标准,大岭山没有严格的冬季,但每年受 1~2 次台风影响。土壤为赤红壤,成土母岩为花岗岩,土层深厚,有机质丰富。

1.2 调查取样方法

调查样地为 12 年生的“妃子笑”荔枝(*Litchi chinensis* Sonn. cv. Feizixiao)林,从 2006 年起撂荒不再作为生产经营。调查时间为 2008 年 8 月。在样地中设置 100 个 10 m×10 m 的样方,样地样方总面积 10 000 m²。然后在每个 100 m² 样方对角线的中心及 1/4 和 3/4 处分别设置 1 个 2 m×2 m 的小样方,记录每个小样方中所有林下植被植物种的株数,并估测盖度。林下植被包括草质藤本及胸径 3 cm 以下的幼树和幼苗。

1.3 数据统计分析方法

1.3.1 重要值

重要值(*I.V.*)计算公式为:

$$I.V. = (RA_i + RF_i)/2 \quad (1)$$

式中, RA_i 为第 i 个物种的相对多度, RF_i 为第 i 个物种的相对频度。

1.3.2 物种多样性指数

本研究采用 4 项指标进行林下植被物种多样性的测定,即丰富度 S (即物种数)、Shannon-Wiener 多样性指数 H 、均匀度指数 E 和 Simpson 多样性指数 D ^[12],其计算公式为:

$$H = -\sum p_i \ln p_i \quad (2)$$

$$E = H/\ln S \quad (3)$$

$$D = 1/\sum p_i^2 \quad (4)$$

式中, p_i 为第 i 种的个体数与样方总个体数的比值。

1.3.3 生态位测度方法

本文以种的重要值作为表征特征,计算生态位宽度和生态位重叠。Levins 公式中的 Shannon-Wiener 指数^[13]计算简单,生物学意义明确,其计算结果能更好地表达群落优势种生态位对比关系的客观情况,近年使用较多^[14]。

采用 Shannon-Wiener 指数测定种的生态位宽度,计算公式为:

$$B_{(sw)i} = -\sum_{j=1}^r P_{ij} \lg(P_{ij}) \quad (5)$$

式中, $B_{(sw)i}$ 为种 i 的生态位宽度; P_{ij} 为第 i 个种对第 j 个资源的利用率或它在该资源状态上的分布比例量, $P_{ij} = n_{ij}/N_i$, $N_i = \sum n_{ij}$, n_{ij} 为种 i 在第 j 个资源状态上的观测个体数; r 为资源状态总数。

以生态位相似性比例计算林下植被层不重复种

对应的生态位重叠值^[15]:

$$C_{ih} = 1 - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^r |P_{ij} - P_{hj}| = \sum_{j=1}^r \min(P_{ij}, P_{hj}) \quad (6)$$

式中, C_{ih} 为种 i 与种 h 之间的生态位重叠值, 即种 i 与种 h 利用资源的相似性程度; $P_{hj} = n_{hj}/N_h$, $N_h = \sum n_{hj}$, n_{hj} 为种 h 在第 j 个资源状态上的观测个体数; r 为资源状态总数。

数据分析在统计软件 PC-ORD 5.0 和 STATISTICA 8.0 上完成。

2 结果与分析

2.1 荔枝林林下植被群落结构

根据撂荒荔枝林样地调查资料统计, 荔枝林林下共有植物 102 种, 隶属于 50 科 85 属。其中, 蕨类植物 13 种, 隶属于 9 科 9 属; 双子叶植物 65 种, 隶属于 31 科 52 属; 单子叶植物 24 种, 隶属于 10 科 24 属。

生活型是生物对外界环境适应的外部表现形式, 通过生活型可以明确反映出植物与环境的关系。根据《中国植被》^[16]的生活型划分标准对样地内的林下植物种类进行分类, 结果见图 1。由图 1 可知, 东莞荔枝林林下植被的生活型多样, 共有 7 种。其中, 灌木、乔木(幼苗)的科数分别占总生活型的 29.51%、21.31%, 属数分别占总生活型的 26.44%、21.84%, 种数分别占总生活型的 29.13%、22.33%, 为优势生活型; 蕨类、木质藤本的科数均占总生活型的 14.75%, 属数分别占总生活型的 10.34%、13.79%, 种数均占总生活型的 12.62%, 为次优势生活型; 禾本科草本、草质藤本、非禾本科草本的科数分别占总生活型的 8.20%、6.56%和 4.92%, 属数分别占总生活型的 12.64%、8.05%、6.90%, 种数分别占总生活型的 10.68%、6.80%、5.83%。

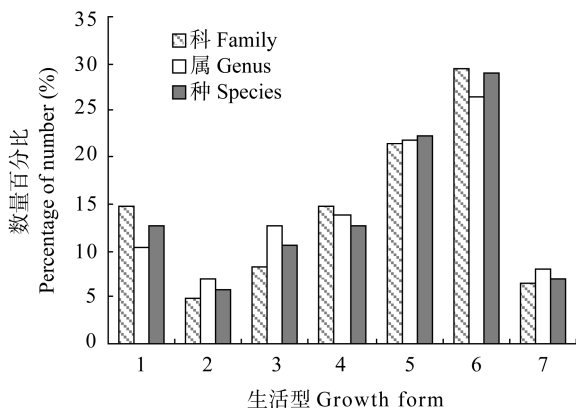


图 1 东莞荔枝林林下植被群落生活型组成

Fig. 1 Percentage of different growth forms in understory vegetation of lichee plantation in Dongguan

1: 蕨类 Fern; 2: 非禾本科草本 Forb; 3: 禾本科草本 Grass; 4: 木质藤本 Liana; 5: 乔木(幼苗) Tree (seedling); 6: 灌木 Shrub; 7: 草质藤本 Vine.

2.2 荔枝林林下植被物种多度分布

图 2 中, 横轴上 1 表示个体数最多的物种, 按照个体数从多到少的顺序依次排列。由图 2 可知, 东莞荔枝林林下植被的物种数表现为: 灌木层 > 草本层。灌木层与草本层物种多度分布曲线的拟合方程分别为: $y = 64.026x^{-1.4287}$ ($R^2 = 0.7707$)、 $y = 223.77x^{-2.5975}$ ($R^2 = 0.8578$)。分别对方程的系数和指数进行 t 检验, 结果表明荔枝林林下灌木层与草本层物种多度分布差异不显著 ($P > 0.05$)。

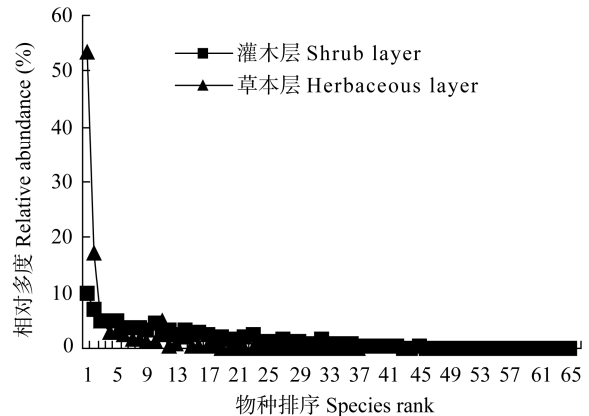


图 2 东莞荔枝林林下植被层物种多度分布

Fig. 2 Rank-abundance of different species of understory vegetation of lichee plantation in Dongguan

2.3 荔枝林林下植被物种多样性特征

东莞荔枝林林下植被物种多样性指数见表 1。由表 1 可知, 灌木层的物种丰富度为 65, 均匀度为 0.857, Shannon-Wiener 指数为 1.415, Simpson 指数为 0.6707; 草本层中物种丰富度为 37, 均匀度为 0.531, Shannon-Wiener 指数为 1.106, Simpson 指数为 0.4809。分别对灌木层与草本层中物种丰富度指数、均匀度指数、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数进行 t 检验, 表明灌木层与草本层物种多样性差异不明显 ($P > 0.05$)。

表 2 列出了东莞荔枝林林下植被中重要值大于 3.0 的物种。林下优势物种中灌木有春花(*Raphiolepis indica*)、黑面神(*Breynia fruticosa*)、豺皮樟(*Litsea rotundifolia* var. *Oblongifolia*)与越南叶下珠(*Phyllanthus cochinchinensis*), 幼树有银柴(*Aporosa dioica*)、潺槁木姜子(*Litsea glutinosa*)、三叉苦(*Evodia lepta*)与山苍子(*Litsea cubeba*), 木质藤本有玉叶金花(*Mussaenda pubescens*)、菝葜(*Smilax china*)与酸藤子(*Embelia laeta*), 蕨类有芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、乌毛蕨(*Blechnum orientale*)、海金沙(*Lygodium japonicum*)、半边旗(*Pteris semipinnata*)与扇叶铁线蕨(*Adiantum flabellulatum*), 草本有蔓生秀竹(*Microstegium vagans*)与芒(*Miscanthus sinensis*),

草质藤本有薇甘菊(*Mikania micrantha*)与鸡眼藤(*Morinda umbellata*)。

2.4 荔枝林林下植被生态位特征

分别以灌木层、草本层中重要值大于 3.0 的种群作为荔枝林林下植被各层主要种群进行生态位宽度与重叠值计算。灌木层主要种群的生态位宽度变化范围为 0.909~1.450。灌木层中优势种群按生态位宽度值排列与按重要值排列的顺序不太一致(表 3),

该层中生态位宽度值较大的种群是豺皮樟(1.450)、春花(1.297)、潺槁木姜子(1.296), 而它们的重要值在 11 个优势种群中的排位分别为第 9、第 3 和第 4; 草本层主要种群的生态位宽度变化范围为 0.945~1.566。草本层中优势种群按生态位宽度值排列与按重要值排列的顺序基本一致(表 4), 该层中生态位宽度值较大的种群是芒萁(1.566)、芒(1.290)、海金沙(1.271)和蔓生秀竹(1.224)。

表 1 东莞荔枝林林下植被层多样性指数
Table 1 Species diversity index of understory vegetation of lichee plantation in Dongguan

林下植被层 Understory layer	丰富度 Richness	均匀度 Evenness	Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index	Simpson 指数 Simpson index
灌木层 Shrub layer	65	0.857	1.415	0.670 7
草本层 Herbaceous layer	37	0.531	1.106	0.480 9

表 2 东莞荔枝林林下植被层物种重要值
Table 2 Important values of different plant species of understory vegetation of lichee plantation in Dongguan

林下植被层 Understory layer	种号 Species code	种名 Species	相对多度 Relative abundance	相对频度 Relative frequency	重要值 Important value
灌木层 Shrub layer	1	玉叶金花 <i>M. pubescens</i>	10.04	6.17	8.11
	2	银柴 <i>A. dioica</i>	6.82	6.88	6.85
	3	春花 <i>R. indica</i>	4.78	6.00	5.39
	4	潺槁木姜子 <i>L. glutinosa</i>	4.87	5.47	5.17
	5	三叉苦 <i>E. lepta</i>	4.78	4.76	4.77
	6	菝葜 <i>S. china</i>	3.61	4.76	4.18
	7	山苍子 <i>L. cubeba</i>	3.90	3.88	3.89
	8	黑面神 <i>B. fruticosa</i>	3.61	4.06	3.83
	9	豺皮樟 <i>L. rotundifolia</i>	3.41	4.06	3.73
	10	越南叶下珠 <i>P. cochinchinensis</i>	4.39	2.47	3.43
	11	酸藤子 <i>E. laeta</i>	2.53	3.53	3.03
草本层 Herbaceous layer	1	芒萁 <i>D. dichotoma</i>	53.42	10.40	31.91
	2	蔓生秀竹 <i>M. vagans</i>	17.06	3.22	10.14
	3	芒 <i>M. sinensis</i>	4.90	9.28	7.09
	4	乌毛蕨 <i>B. orientale</i>	2.71	10.77	6.74
	5	海金沙 <i>L. japonicum</i>	2.78	9.78	6.28
	6	薇甘菊 <i>M. micrantha</i>	2.58	8.42	5.50
	7	半边旗 <i>P. semipinnata</i>	1.74	7.30	4.52
	8	扇叶铁线蕨 <i>A. flabellulatum</i>	1.81	5.94	3.87
	9	鸡眼藤 <i>M. umbellata</i>	1.05	5.32	3.18

表 3 东莞荔枝林林下灌木层主要种群的生态位宽度和生态位重叠
Table 3 Niche width and overlap values of species in shrub layer of lichee plantation in Dongguan

种号 Species code	$B_{(SW)i}$	种对号 Species pair	C_{ih}	种对号 Species pair	C_{ih}	种对号 Species pair	C_{ih}	种对号 Species pair	C_{ih}
1	1.134	1, 2	0.892	2, 4	0.852	3, 7	0.887	4, 11	0.655
2	1.192	1, 3	0.851	2, 5	0.705	3, 8	0.835	5, 6	0.761
3	1.297	1, 4	0.768	2, 6	0.900	3, 9	0.876	5, 7	0.724
4	1.296	1, 5	0.774	2, 7	0.926	3, 10	0.868	5, 8	0.867
5	0.962	1, 6	0.955	2, 8	0.751	3, 11	0.764	5, 9	0.760
6	1.190	1, 7	0.950	2, 9	0.851	4, 5	0.567	5, 10	0.867
7	1.197	1, 8	0.785	2, 10	0.805	4, 6	0.781	5, 11	0.887
8	1.010	1, 9	0.887	2, 11	0.803	4, 7	0.818	6, 7	0.955
9	1.450	1, 10	0.869	3, 4	0.791	4, 8	0.642	6, 8	0.812
10	1.142	1, 11	0.887	3, 5	0.735	4, 9	0.760	6, 9	0.901
11	0.909	2, 3	0.832	3, 6	0.896	4, 10	0.675	6, 10	0.894
								10, 11	0.880

各种号所代表的种群与表 2 中灌木层种号所代表的种群相同, 下同。The species codes are same to those of shrub layer in the table 2. The same below.

表 4 东莞荔枝林林下草本层主要种群的生态位宽度和生态位重叠
Table 4 Niche width and overlap values of species in herb layer of lichee plantation in Dongguan

种号 Species code	$B_{(SW)i}$	种对号 Species pair	C_{ih}	种对号 Species pair	C_{ih}	种对号 Species pair	C_{ih}	种对号 Species pair	C_{ih}
1	1.566	1, 2	0.539	2, 4	0.764	3, 7	0.791	5, 7	0.787
2	1.224	1, 3	0.492	2, 5	0.900	3, 8	0.625	5, 8	0.634
3	1.290	1, 4	0.601	2, 6	0.746	3, 9	0.834	5, 9	0.843
4	1.094	1, 5	0.487	2, 7	0.733	4, 5	0.754	6, 7	0.854
5	1.271	1, 6	0.379	2, 8	0.608	4, 6	0.721	6, 8	0.660
6	1.172	1, 7	0.381	2, 9	0.792	4, 7	0.775	6, 9	0.869
7	0.945	1, 8	0.270	3, 4	0.755	4, 8	0.388	7, 8	0.527
8	1.007	1, 9	0.353	3, 5	0.984	4, 9	0.597	7, 9	0.736
9	1.132	2, 3	0.900	3, 6	0.846	5, 6	0.846	8, 9	0.786

荔枝林林下灌木层主要种群的生态位重叠值变化范围为 0.567~0.955(表 3), 玉叶金花(种号 1)与菝葜(种号 6)、玉叶金花与山苍子(种号 7)的生态位重叠值均较高, 分别为 0.955、0.950; 菝葜与山苍子的生态位重叠值也很高, 为 0.955; 而潺槁木姜子(种号 4)与三叉苦(种号 5)的生态位重叠值最低, 为 0.567。荔枝林下草本层主要种群的生态位重叠值变化范围为 0.270~0.984(表 4), 芒(种号 3)与海金沙(种号 5)、蔓生秀竹(种号 2)与芒、蔓生秀竹与海金沙的生态位重叠值均较高, 分别为 0.984、0.900 和 0.900; 芒萁(种号 1)与扇叶铁线蕨(种号 8)的生态位重叠值最低, 仅为 0.270。

灌木层中优势种群生态位宽度与重要值排序出现不吻合情况, 表明在表征和反映种群在群落中的地位方面, 重要值指标与生态位宽度指标各有特点, 两者不能相互取代。重要值主要反映种群在群落中的优势程度, 而生态位宽度则主要反映种群利用资源的能力^[17]。

有研究表明生态位宽度较大的物种与其他种群间的生态位重叠的机会也大, 生态位宽度较小的物种与其他种群间的生态位重叠的机会也小^[17], 本研究结果不尽如此, 如灌木层中酸藤子与三叉苦生态位宽度值虽然较低, 但其生态位重叠值较大; 草本层中芒萁与芒、芒萁与海金沙虽具有较大的生态位宽度值, 但生态位重叠值均较小; 半边旗与扇叶铁线蕨生态位宽度值虽较小, 但其生态位重叠值较高。

3 讨论

东莞荔枝林样地林下植被的科、属、种组成数量均为双子叶植物>单子叶植物>蕨类植物, 人工林的蕨类植物较为丰富, 而天然常绿阔叶林的蕨类植物较少^[18], 荔枝林林下植被结构组成与天然常绿阔叶林更为相似。荔枝林林下植被以灌木与幼树为优

势生长型, 灌木层优势种为银柴、春花、潺槁木姜子和三叉苦等; 草本层优势种为芒萁、蔓生秀竹、芒、乌毛蕨和海金沙等, 这些特征也与南亚热带次生林林下群落特征相似^[19]。对比其他类型人工林林下植被的结构与多样性^[20-21], 荔枝林林下植被结构较为复杂, 物种多样性较为丰富。有研究表明, 林下植被的存在, 增加了土层营养元素及有机质的含量, 促进林地养分的有效化^[22]。也有研究表明, 由于人类活动的频繁干扰, 导致森林结构退化, 物种多样性减少^[23]。影响物种多样性的主要因子随着研究尺度不同会发生变化^[24], 在区域尺度上环境异质性是影响物种丰富度的主要因子^[25]。因此, 对于品质较差不再经营的荔枝林分, 可以减少人为干扰, 维持植被现状, 或向生态公益林方向进行改造, 充分发挥荔枝林的生态效益, 将有利于东莞荔枝林的可持续发展。

参考文献

[1] Wilson S M, Pyatt D G, Malcolm D C, et al. The use of ground vegetation and humus type as indicators of soil nutrient regime for an ecological site classification of British forests[J]. Forest Ecology and Management, 2001, 140(2/3): 101-116

[2] 王贵霞, 李传荣, 许景伟, 等. 温带森林群落多样性的测度方法比较评述[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(4): 486-491

[3] Kuusk A, Lang M, Nilson T. Simulation of the reflectance of ground vegetation in sub-boreal forests[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2004, 126(1/2): 33-46

[4] Banda T, Mwangulango N, Meyer B, et al. The woodland vegetation of the Katavi-Rukwa ecosystem in western Tanzania[J]. Forest Ecology and Management, 2008, 255(8/9): 3382-3395

[5] Van DerWal J, Shoo L P, Johnson C N, et al. Abundance and the environmental niche: Environmental suitability estimated

- from niche models predicts the upper limit of local abundance[J]. *American Naturalist*, 2009, 174(2): 282–291
- [6] Donohue K, Dorn L, Griffith E, et al. Niche construction through germination cueing: Life-history responses to timing of germination in *Arabidopsis thaliana*[J]. *Evolution*, 2005, 59(4): 771–785
- [7] 朱剑云, 戴朝晖, 周庆, 等. 东莞荔枝林的特点及可持续发展对策[M]//叶永昌, 苏志尧主编. 东莞森林生态建设模式与评价. 北京: 中国林业出版社, 2008: 182–195
- [8] 余华荣, 周灿芳, 万忠, 等. 2009年广东荔枝龙眼产业发展现状分析[J]. *广东农业科学*, 2010, 37(4): 288–291
- [9] 李登峰, 张放, 邱邻邻. 三峡库区果园生态系统效益探析——以重庆市“黄新”移民高效生态农业产业带为例[J]. *中国生态农业学报*, 2004, 12(3): 178–180
- [10] 张新明, 刘可星, 王建武, 等. 荔枝园土壤肥力特征及其专用肥综合效应探析[J]. *中国生态农业学报*, 2004, 12(4): 135–137
- [11] 张秀梅, 杜丽清, 谢江辉. 荔枝采后贮藏保鲜研究进展[J]. *中国南方果树*, 2004, 33(5): 53–55
- [12] Magurran A E. Ecological diversity and its measurement[M]. Princeton: Princeton University Press, 1988: 35–41, 62–64
- [13] Petraits P S. Likelihood measures of niche breadth and overlap[J]. *Ecology*, 1979, 60(4): 703–710
- [14] 林伟强, 贾小容, 陈北光, 等. 广州帽峰山次生林主要种群生态位宽度与重叠研究[J]. *华南农业大学学报*, 2006, 27(1): 84–87
- [15] Hurlbert S H. The measurement of niche breadth and overlap[J]. *Ecology*, 1978, 59(1): 67–77
- [16] 吴征镒. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 306–355
- [17] 史小华, 许晓波, 张文辉. 秦岭冷杉群落主要种群生态位研究[J]. *植物研究*, 2007, 27(3): 345–349
- [18] 刘玉宝. 29年生杉木林下植物多样性与密度的关系[J]. *福建林学院学报*, 2005, 25(1): 1–4
- [19] 康冰, 刘世荣, 温远光, 等. 广西大青山南亚热带次生林演替过程的种群动态[J]. *植物生态学报*, 2006, 30(6): 931–940
- [20] 涂璟, 李宁, 王克勤, 等. 昆明呼马山公园人工桉树林林下植被的多样性和生物量研究[J]. *林业资源管理*, 2010(1): 64–67
- [21] 杨再鸿, 杨小波, 余雪标, 等. 海南桉树林林下植物多样性特点的简单相关分析[J]. *浙江林学院学报*, 2007, 24(6): 725–730
- [22] 李东海, 杨小波, 邓运武, 等. 桉树人工林林下植被、地面覆盖物与土壤物理性质的关系[J]. *生态学杂志*, 2006, 25(6): 607–611
- [23] Peterson D W, Reich P B. Fire frequency and tree canopy structure influence plant species diversity in a forest-grassland ecotone[J]. *Plant Ecology*, 2008, 194(1): 5–16
- [24] Austrheim G, Eriksson O. Plant species diversity and grazing in the Scandinavian mountains-patterns and processes at different spatial scales[J]. *Ecography*, 2001, 24(6): 683–695
- [25] Wohlgemuth T. Modelling floristic species richness on a regional scale: A case study in Switzerland[J]. *Biodiversity and Conservation*, 1998, 7(2): 159–177