

桉树林和针阔混交林对植物多样性的影响比较

张卫强¹, 张卫华¹, 潘文¹, 陈伟光², 唐洪辉¹, 盘李军²

(1. 广东省林业科学研究院, 广州 510520; 2. 佛山市云勇生态林养护中心, 广东 佛山 528518)

摘要:为了系统评价桉树林和针阔混交林对生物多样性的影响,采用立地条件控制及空间代替时间法,对南亚热带桉树林(2代和1代)和针阔混交林(10~11 a生和5~7 a生)乔木层、灌木层和草本层生物多样性进行了比较。结果表明,针阔混交林Ⅰ(10~11 a生)有68种植物,隶属38科62属,桉树林Ⅱ(桉树2代)有41种,隶属26科39属,针阔混交林Ⅲ(5~7 a生)有53种植物,隶属30科48属,桉树林Ⅳ(桉树1代)有55种植物,隶属33科51属。针阔混交林乔木层重要值较大的科为杉科、樟科、金缕梅科、大戟科、山茶科、木兰科和楝科,灌木层为五加科和大戟科,草本层以禾本科、鳞始蕨科和乌毛蕨科为主。桉树林乔木层重要值较大的科为桃金娘科、芸香科、樟科、大戟科和漆树科,灌木层为冬青科、樟科、大戟科和芸香科,草本层以禾本科和里白科为主。4种试验林间乔木层、灌木层和草本层物种丰富度指数(S)、Shannon-Wiener指数(H')、Simpson优势度指数(D)、Pielou均匀度指数(E)差异不显著($P>0.05$)。针阔混交林Ⅰ乔木层和灌木层 H' 指数、 D 指数及 E 指数显著高于草本层($P<0.05$),桉树林Ⅱ乔木层、灌木层和草本层间 H' 指数、 D 指数及 E 指数均存在显著差异($P<0.05$)。针阔混交林乔木层均匀度指数(E)均大于桉树林。与针阔混交林Ⅲ相比,针阔混交林Ⅰ乔木层物种 S 、 H' 、 D 及 E 指数呈上升趋势,而灌木层和草本层呈下降趋势。与1代桉树林Ⅳ相比,2代桉树林Ⅱ灌木层和草本层 S 、 H' 和 D 指数呈下降趋势。研究结果为桉树人工林物种多样性保护和可持续经营提供科学依据。

关键词:桉树林; 针阔混交林; 植物多样性; 南亚热带

中图分类号:S718

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)06-0122-07

Effects of Eucalypt Plantation and Conifer-Broadleaved Forest on Plant Biodiversity

ZHANG Wei-qiang¹, ZHANG Wei-hua¹, PAN Wen¹, CHEN Wei-guang², TANG Hong-hui¹, PAN Li-jun²

(1. Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China;

2. Maintenance Center for Yunyong Ecological Forest of Foshan, Foshan, Guangdong 528518, China)

Abstract: A comparative study was conducted on the plant biodiversity of tree layer, shrub and herb layers in eucalypt plantation (the second-generation and the first-generation) and conifer-broadleaved forest (10-11 years old and 5-7 years old) in southern subtropical region to understand the effects of eucalypt plantation and conifer-broadleaved forest on the plant biodiversity by using the methods of site condition control and space instead of time. The present results showed that there were 68 species belonging to 38 families and 62 genera in conifer-broadleaved forest (10-11 years old), and 41 species belonging to 26 families and 39 genera in eucalypt plantation II (the second-generation of eucalypt), 53 kinds of plants, belonging to 30 families and 48 genera in conifer-broadleaved forest III (5-7 years old), and 55 species belonging to 33 families genera 51 in eucalypt plantation IV (the first-generation of eucalypt). The large important values of families of tree layer were Taxodiaceae, Lauraceae, Hamamelidaceae, Euphorbiaceae, Theaceae, Magnoliaceae and Meliaceae, those of shrubs were Araliaceae, Euphorbiaceae, and those of herb layer were Gramineae, Lindsaeaceae and Blechnaceae in conifer-broadleaved forest. The large important values of families of tree layer were Myrtaceae, Rutaceae, Lauraceae, Euphorbiaceae, Anacardiaceae, and those of shrubs were Aquifoliaceae,

收稿日期:2014-05-04

修回日期:2014-05-27

资助项目:林业公益性行业科研专项(201104003-04);广东省林业科技创新专项项目(2010KJCX013-02);佛山市生态景观林培育技术研究与推广示范和广东东江源森林生态站联合资助。

作者简介:张卫强(1976—),男,山西清徐人,博士,高级工程师,主要从事森林水文与植物生理生态。E-mail:happyzqw@sina.com

通信作者:张卫华(1977—),女,河北定兴人,博士,教授级高工,主要从事林木遗传育种研究。E-mail:zwh523@sinogaf.cn

Lauraceae, Euphorbiaceae, Rutaceae, and those of herb layer were Gramineae and Gleicheniaceae in eucalypt plantation. The species richness (S), Shannon-Wiener index (H'), Simpson dominance index (D), Pielou evenness index (E) of tree layer, shrub layer and herb layer were not significant ($P>0.05$) among four kinds of experimental forests. The index of H' , D and E of tree layer and shrub were significantly higher than those of herb layer ($P<0.05$), the index of H' , D and E were significantly different ($P<0.05$) among tree layer, shrub and herb layer in eucalypt plantationⅡ. The evenness index (E) of conifer-broadleaved forest was greater than that of *eucalyptus* forest. The index of S , H' , D and E of tree layer in conifer-broadleaved forestⅠ increased, while those of the shrub and herb layers decreased compared with the conifer-broadleaved forestⅢ. The indexes of S , H' and D of shrub and herb layer in *eucalypt* plantationⅡ (the second-generation of *eucalypt*) declined in varying degrees compared with the *eucalypt* plantationⅣ (the first-generation of eucalypt). The results provided a scientific basis for species diversity conservation and sustainable management of eucalypt plantation.

Key words: eucalypt plantation; conifer-broadleaved forest; plant biodiversity; southern subtropical region

桉树是桃金娘科(*Myrtaceae*)桉属(*Eucalyptus*)树种的总称,其具有速生、高产、优质的特点,已成为我国南方速生丰产林的战略性树种^[1]。大面积的种植桉树出现了土壤地力衰退、林分产量下降的现象,维持桉树人工林长期稳定的可持续发展已成为国内外关注的焦点^[2]。目前,有关桉树研究主要集中在桉树林土壤养分^[1-3]、生物量和碳储量^[4-5]及桉树水文效应^[6-7]等,而桉树人工林生物多样性一直是个颇具争议的生态学问题^[8]。以往研究表明,桉树林多样性指数显著低于次生林^[8],一般不高于乡土树种人工林,但总体上好于其他外来树种人工林^[9]。连栽桉树人工林植物多样性随连栽代次的增加而减少,物种生态优势度增加^[10]。桉树林取代马尾松林对群落植物多样性指数的提高有一定的促进作用,但物种丰富度变化不大^[11]。然而在杉木林皆伐迹地采用桉树和阔叶树进行人工植被恢复对植物多样性影响研究却鲜见报道。本探讨了我国南亚热带地区杉木林皆伐迹地人工恢复(桉树人工林和针阔混交林)的植物群落结

构特征和多样性的差异,有助于更好地认识群落的组成、结构、功能和动态^[12],旨在为桉树科学认知、人工林的物种多样性保护及可持续经营措施的制定提供理论指导和科学依据。

1 研究区概况

调查区位于广东省佛山市高明区云勇林场,东经 112°40′,北纬 22°43′。属于南亚热带湿润季风气候,年平均气温、最高气温和最低气温分别为 22.0℃、34.5℃和 3.5℃,雨量充沛,年降水量平均达 2 000 mm,集中在 4—8 月^[13]。地势属丘陵地带,土壤为花岗岩发育的酸性赤红壤,土层深厚。2002—2003 年和 2007—2008 年,在杉木皆伐迹地,选用桉树和阔叶树进行造林,造林密度和造林抚育措施基本一致,即造林后前 3 a 进行水平阶带状除草,种植穴施肥抚育,施肥量保持一致,桉树林抚育去除了杉木萌芽条,而阔叶林抚育只保留了单株杉木萌芽条,形成了针阔混交林。试验样地概况见表 1。

表 1 研究样地概况

试验样地	林龄/ a	坡度	坡向	平均 胸径/cm	平均 树高/m	郁闭度	林下植被 盖度/%	主要林下植被
杉木+红花荷+盆架子+火焰木	11	20°	东南	5.22	5.02	0.90	90	三丫苦、山苍子、毛果算盘子、鸭脚木、银柴、
杉木+米老排+阴香+山杜英+枫香	11	30°	东南	10.25	9.71	0.85	45	五指毛桃、野牡丹、春花、蔓生莠竹、弓果黍、
杉木+阴香+香樟+格木+木荷	10	30°	西南	7.61	7.93	0.95	40	火炭母、蒲公英和狗肝菜
桉树	第 2 代	12°	东南	11.78	11.84	0.80	95	梅叶冬青、三丫苦、银柴、黑面神、潺槁木姜
		16°	西南	10.12	9.78	0.65	100	子、山苍子、野牡丹、桃金娘、鬼灯笼、樱兰、
		12°	西南	11.32	9.64	0.60	100	乌毛蕨、蔓生莠竹和弓果黍
杉木+阴香+香樟+吴茱萸	7	20°	西南	9.02	6.85	0.70	10	黑面神、银柴、毛果算盘子、野牡丹、鲫鱼胆、
杉木+香椿+火力楠+山苍子+小叶青冈	7	30°	东南	4.91	4.53	0.35	95	鸭脚木、梅叶冬青、华南毛茛、弓果黍、乌毛
杉木+观光木+非洲桃花心+红椎+火力楠	5	25°	东南	4.02	3.57	0.45	45	蕨和假臭草
桉树	第 1 代	30°	东南	12.80	10.62	0.60	100	
		25°	东南	13.23	12.61	0.60	100	三丫苦、野牡丹、鬼灯笼、华南毛茛、梅叶冬
		25°	东南	12.05	11.32	0.50	100	青、蔓生莠竹、芒苕和铁线蕨

注:杉木为二代萌芽,只保留 1 株。桉树 2 代林龄为 10~11 a,桉树 1 代林龄为 6 a。

2 研究方法

2.1 设计与方法

2013 年 8—10 月,选择地形地貌、海拔、母岩、土壤类型等相同或相近,且基本相连 10~11 a 生针阔混交林(以下简称针阔混交林Ⅰ)、第 2 代萌芽桉树林(以下简称桉树林Ⅱ)、5~7 a 生针阔混交林(以下简称针阔混交林Ⅲ)和第 1 代桉树林(以下简称桉树林Ⅳ)作为试验样地,在每个试验样地内分别设计 3 个 20 m×20 m 固定调查样地。对样地中所有乔木、灌木和藤本个体(高度大于 1.5 m)编号,采用每木检尺的方法进行调查,分别测量其树高、胸径和冠幅,将所有高度大于 1.5 m 的木本植物归入乔木层;在每块固定调查样地内机械布设 4 个 5 m×5 m 的小样方作为灌木样方,调查并记录高度小于 1.5 m 的乔木(幼苗)、灌木和藤本种类、个体数、高度及盖度等,将其归入灌木层;同样在每块固定调查样地内机械布设 4 个 1 m×1 m 的小样方作为草本样方,调查并记录样方中草本植物的种类、个体数、高度及盖度等。

2.2 数据统计分析

运用 Excel 将数据进行整理和预处理,利用 SPSS 16.0 进行单因素方差(one-way ANOVA)。采用 Duncan 新复极差法比较各指标在各观测样地的差异性,极显著性水平设为 $\alpha=0.01$,显著性水平设为 $\alpha=0.05$ 。对植物群落物种重要值、物种丰富度(S)、Shannon—Wiener 指数(H')、Simpson 优势度指数(D)和 Pielou 均匀度指数(E)计算分别按如下公式进行^[14]。

(1) 重要值(I_r)

$$I_r=(D_r+C_r+F_r)/3$$

$$D_r=H_i/\sum_{i=1}^S H_i; C_r=C_i/\sum_{i=1}^S C_i; F_r=F_i/\sum_{i=1}^S F_i$$

(2) 物种丰富度指数(S):以样方中物种的数目表示物种丰富度(S)

$$(3) \text{ Simpson 优势度指数}(D): D=1-\sum_{i=1}^S p_i^2$$

$$(4) \text{ Shannon—Wiener 指数}(H'): H'=-\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

$$(5) \text{ Pielou 均匀度指数}(E): E=(-\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i)/\ln S$$

式中: D_r ——相对密度; C_r ——相对盖度; F_r ——相对频度; S ——物种总数; P_i ——属于种 i 的个体在全部个体中的比例。

3 结果与分析

3.1 桉树林和针阔混交林植物物种组成

本次调查针阔混交林Ⅰ有 68 种植物,隶属 38 科

62 属,桉树林Ⅱ有 41 种,隶属 26 科 39 属,针阔混交林Ⅲ有 53 种植物,隶属 30 科 48 属,桉树林Ⅳ有 55 种植物,隶属 33 科 51 属(表 2—5)。

表 2 不同试验林乔木层主要木本植物

组成及其重要值(乔木,树高>1.5 m)

物种	针阔混交林Ⅰ	桉树林Ⅱ	针阔混交林Ⅲ	桉树林Ⅳ
桉树*	0.83	43.09		50.19
杉木*	27.28		33.85	3.74
阴香*	6.04		10.26	
米老排*	7.48			
山杜英*	2.71			
深山含笑*	0.72			
红荷*	2.01			
香樟*	2.74		6.16	
红苞木*	2.84			
火焰木*	2.51			
火力楠*	2.76		3.48	
盆架子*	2.64			
格木*	0.81			
荷木*	2.03	1.03	1.44	0.83
木棉*	1.38			
非洲桃花心*	0.94		2.88	
香椿*			5.45	
观光木*			5.59	
红椎*			3.05	
枫香*	2.03			
楝叶吴茱萸*	0.73		6.08	3.50
人面子	0.90			
喜树			1.56	
银柴	1.19	2.99	1.34	1.79
山乌柏	0.95			1.04
翻白叶树		1.00		2.99
双翼豆	0.61			
山苍子	2.29	8.45	3.53	5.31
三丫苦	1.35	16.75		2.70
漆树	0.62	0.95		0.89
苦楝	0.70			
假柿木姜子				0.89
乌榄	0.63			
润楠	0.68			
小叶青冈			2.17	
簕欓花椒		1.93		1.24
山黄麻	1.70	3.34	1.45	2.72
盐肤木	0.78	3.63		3.73
潺槁木	1.76			
半枫荷		3.70		1.04
余甘果	0.79			
鸭脚木	0.96		1.59	0.83
土蜜树	1.05	1.92		1.03

注:*为造林树种。

从表 2—3 可知,乔木层木本植物物种数共有 64 种,其中,针阔混交林Ⅰ中有 46 种,桉树林Ⅱ有 19 种,针阔混交林Ⅲ有 19 种,而桉树林Ⅳ有 30 种,针阔混交林Ⅰ乔木层物种数分别比桉树林Ⅱ、针阔混交林Ⅲ和桉树林Ⅳ多 28 种、28 种和 17 种。除人工造林树

种外,通过自然演替更新乔木层物种数表现为针阔混交林Ⅰ(16 种)＞桉树林Ⅳ(13 种)＞桉树林Ⅱ(11 种)＞针阔混交林Ⅲ(6 种)。通过物种重要值分析可知,针阔混交林Ⅰ乔木层木本植物重要值介于 0.61~27.28 之间,杉木重要值最高,其次为米老排和阴香。桉树林Ⅱ重要值介于 0.95~43.09 之间,桉树重要值最高,其次为三丫苦和山苍子。针阔混交林Ⅲ重要值介于 1.34~33.85 之间,杉木重要值最高,其次为阴香和香樟。而桉树林Ⅳ重要值介于 0.83~50.19 之间,桉树重要值最高,其次为山苍子和杉木。

表 3 不同试验林层主要木本植物组成及其重要值(灌木,树高>1.5 m)

物种	针阔混交林Ⅰ	桉树林Ⅱ	针阔混交林Ⅲ	桉树林Ⅳ
野牡丹	0.85	3.63		3.16
华南毛柃	1.99	2.33		0.89
鲫鱼胆		0.95	2.80	1.37
八角枫	2.42	0.95		2.99
春花		0.95		0.89
黑面神	0.85		4.02	1.85
紫珠				1.10
猪屎豆				1.17
鬼灯笼				1.17
梅叶冬青	1.37	1.45		1.80
水冬哥	1.01			
白背叶		0.95		
毛果算盘子	0.86			0.83
野青树	0.62			
亮叶猴耳环	0.80			
五指毛桃	1.23		1.34	
朱槿	0.93			
水锦树	0.88			
白花酸果藤				0.83
黄鳝藤	0.79			

由表 4 可知,4 种试验林灌木层木本植物物种数共有 56 种,物种数大小表现为桉树林Ⅳ(34 种)＞针阔混交林Ⅰ(30 种)＞针阔混交林Ⅲ(25 种)＞桉树林Ⅱ(23 种)。灌木物种数大小表现为桉树林Ⅳ(23 种)＞针阔混交林Ⅰ(19 种)＞桉树林Ⅱ(18 种)＞针阔混交林Ⅲ(17 种)。4 种试验林灌木层幼树(乔木)重要值最高的树种分别为鸭脚木(27.89)、山苍子(15.75)、银柴(7.36)和杉木(13.14),而灌木物种重要值最高的分别为春花(16.28)、梅叶冬青(28.15)和野牡丹(17.11 和 11.73)。研究发现,在杉木林皆伐迹地进行人工林造林,在改造前期,5~7 a 针阔混交林Ⅲ杉木幼苗重要值高于 10~11 a 针阔混交林Ⅰ杉木重要值,同样桉树林Ⅳ(桉树 1 代)杉木幼苗重要值远高于桉树林Ⅱ(桉树萌芽 2 代),这主要由于前茬是杉木林,伐后留下的根兜萌发出来杉木幼苗,随着试验林郁闭度增加,杉木幼苗营养生长空间受到影响,自然萌芽能力变弱,杉木幼苗重要值降低。

表 4 不同试验林林下灌木层主要物种组成及其重要值

物种	针阔混交林Ⅰ	桉树林Ⅱ	针阔混交林Ⅲ	桉树林Ⅳ
乔木(树高<1.5 m)				
银柴	3.73	11.33	7.36	2.83
山苍子	3.36	15.75	1.27	5.53
鸭脚木	27.89	3.87	4.34	1.49
杉木	0.84	0.52	6.22	13.14
盐肤木		9.63	2.44	1.90
山黄麻	0.63		3.48	1.21
楝叶吴茱萸	1.20			1.81
阴香	2.09		0.64	
山指甲		3.13		
筋欏花椒				2.65
山乌柏				0.91
漆树				0.52
猴欢喜	1.24			
半枫荷	2.27			
白楸	0.65			
南酸枣			0.64	
红苞木	3.06			
灌木(树高<1.5 m)				
野牡丹	5.35	11.25	17.11	11.73
三丫苦	5.09	18.82	2.87	7.74
潺槁木姜子	1.72	12.19	0.89	0.49
春花	5.43	4.00	2.56	2.08
鲫鱼胆	4.73	3.71	10.67	5.35
黑面神	1.75	9.56	6.43	2.13
毛果算盘子	4.66	8.06	4.05	2.89
鬼灯笼	1.98	10.93	1.27	8.74
桃金娘	0.85	9.25	0.72	
华南毛柃	1.65		4.96	5.06
粗叶榕	4.80		3.55	0.65
五指毛桃	4.17		3.65	1.34
梅叶冬青	2.59	28.15		
九节		3.15		1.16
羊角拗		3.15		1.21
豺皮樟		4.02		0.61
山莓		6.08		1.49
三叶五加		4.66		1.50
玉叶金花		4.14		
山茶	0.65			1.19
毛杜鹃		4.03		
米碎花		7.49		
八角枫			1.38	0.69
土蜜树	1.62		2.26	
紫珠				2.46
假鹰爪				1.08
翻白叶树				2.03
马缨丹				0.48
羊角拗				0.57
亮叶猴耳环	3.25			
两面针	0.64			
水冬哥	1.38			
水锦树	0.77			
花椒筋			0.64	
了哥王			0.64	
细齿叶柃			4.57	
藤本(腾长<1.5 m)				
黄鳝藤		4.14		1.04
酸果藤		10.00		
锡叶藤		3.40		

所有样地共出现草本植物 27 种(表 5)。在针阔混交林 I 中有 11 种,针阔混交林 III 中有 18 种,桉树林 II 中有 11 种,桉树林 IV 中有 13 种,在针阔混交林 I 和桉树林 II 物种重要值最高为蔓生莠竹(37.83 和 56.67),而在针阔混交林 III 和桉树林 IV 为弓果黍(52.13 和 32.04)。针阔混交林 I 草本植物优势种为蔓生莠竹、狗肝菜和弓果黍,桉树林 II 优势种为蔓生莠竹、弓果黍和异叶鳞始蕨,针阔混交林 III 优势种为弓果黍、乌毛蕨和假臭草,而桉树林 IV 优势种为弓果黍、芒萁和蔓生莠竹。

表 5 不同试验林林下草本层主要物种组成及其重要值				
物种	针阔混交林 I	桉树林 II	针阔混交林 III	桉树林 IV
蔓生莠竹	37.83	56.67	0.82	13.02
弓果黍	10.21	14.01	52.13	32.04
异叶鳞始蕨	8.58	8.94	1.87	2.68
铁线蕨	2.15	1.66	4.62	8.11
乌毛蕨		6.77	10.41	3.11
海金沙		1.68	1.89	2.38
芒萁		8.52		28.78
假臭草			8.08	1.08
淡竹叶	1.41		1.71	
山管兰	3.05		1.18	
白茅	3.01		0.82	
狗肝菜	14.99		6.40	
火炭母	4.23			2.71
蒲公英	7.81			
凤尾蕨	6.74			
加拿大蓬			3.59	
绞股蓝				1.94
华南毛蕨			1.92	
粪箕笃				1.89
樱兰		1.75		
五节芒				1.33
大叶油草			0.98	
麦冬			0.94	
狗尾草			0.94	
千里光				0.93
半边旗			0.88	
地胆头			0.83	

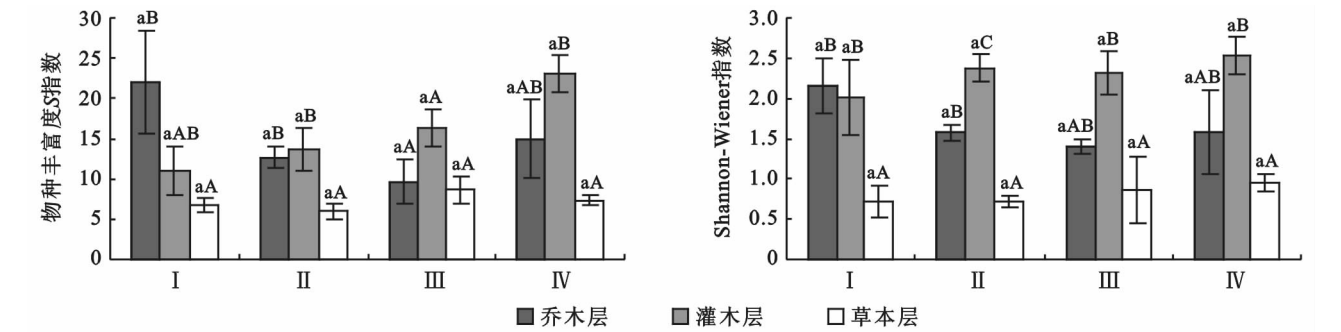
3.2 植物物种多样性

从图 1 可知,4 种试验林间乔木层、灌木层和草本层物种丰富度指数(S)差异不显著($P>0.05$),乔木层 S 指数表现为针阔混交林 I>桉树林 IV>桉树林 II>针阔混交林 III,灌木层 S 指数表现为桉树林 IV>针阔混交林 III>桉树林 II>针阔混交林 I,而草本层则表现为针阔混交林 III>桉树林 IV>针阔混交林 I>桉树林 II,针阔混交林林下植物灌木层和草本层物

种丰富度随着林龄的增加而减少,这可能是由于郁闭度大引起,当乔木层盖度达到一定程度,林下光环境变差,影响林下灌木、草本的生长,灌木和草本群落物种数以及其个体数量就会下降,而桉树林 IV(桉树 1 代)林下灌木层和草本层高于桉树林 II(桉树 2 代)。4 种试验林乔木层、灌木层和草本层物种 Shannon—Wiener 指数(H')分别介于 1.401~2.155,2.016~2.528 和 0.713~0.951 之间,且 4 种试验林间乔木层、灌木层和草本层 H' 指数差异不显著($P>0.05$),除针阔混交林 I 外,其它 3 种试验林 H' 指数大小均为灌木层>乔木层>草本层。与桉树 2 代相比,桉树 1 代乔木层、灌木层和草本层 H' 指数均有不同程度的升高。针阔混交林 I 灌木层和草本层 H' 指数均低于针阔混交林 III。

从图 2 可知,4 种试验林间乔木层、灌木层和草本层 Simpson 优势度指数(D)和 Pielou 均匀度指数(E)差异不显著($P>0.05$)。4 种试验林间乔木层、灌木层和草本层 Simpson(D)优势度指数分别介于 0.597~0.779,0.794~0.892 和 0.321~0.501 之间。乔木层中,针阔混交林 I D 指数最高,而桉树林 IV 最低。桉树林和针阔混交林灌木层和草本层 D 指数随种植林龄的增加呈下降趋势,灌木层和草本层 D 指数均以桉树林 IV 最高。针阔混交林乔木层均匀度指数(E)均大于桉树林,灌木层 E 指数表现为桉树林 II>针阔混交林 III>针阔混交林 I>桉树林 IV,而草本层则表现为桉树林 IV>针阔混交林 III>桉树林 II>针阔混交林 I。

同一林分乔木层、灌木层和草本层多样性指数方差分析表明(图 1 和图 2),针阔混交林 I 乔木层物种 S 指数显著高于草本层($P<0.05$),而与灌木层差异不显著($P>0.05$),针阔混交林 III 乔木层、灌木层和草本层 S 指数差异不显著($P>0.05$)。桉树林乔木层和灌木层 S 指数均高于草本层,而乔木层和灌木层 S 指数差异不显著($P>0.05$)。针阔混交林 I 乔木层和灌木层 H' 指数、 D 指数及 E 指数显著高于草本层($P<0.05$),桉树林 II 乔木层、灌木层和草本层间 H' 指数、 D 指数及 E 指数均存在显著差异($P<0.05$),其大小均为灌木层>乔木层>草本层。针阔混交林 III 和桉树林 IV H' 指数、 D 指数及 E 指数大小均为灌木层>乔木层>草本层。与 5~7 a 生针阔混交林相比,10~11 a 针阔混交林乔木层物种 S 、 H' 、 D 及 E 指数呈上升趋势,而灌木层和草本层呈下降趋势。与 1 代桉树林 IV 相比,2 代桉树林 II 灌木层和草本层 S 、 H' 和 D 指数呈下降趋势。



注:不同小写字母表示不同林分乔木层间、灌木层间和草本层间多样性指数差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示同一林分乔木层、灌木层和草本层间多样性指数显著差异($P<0.05$)。下同。

图 1 不同试验林物种丰富度 S 指数和 Shannon—Wiener 指数分析

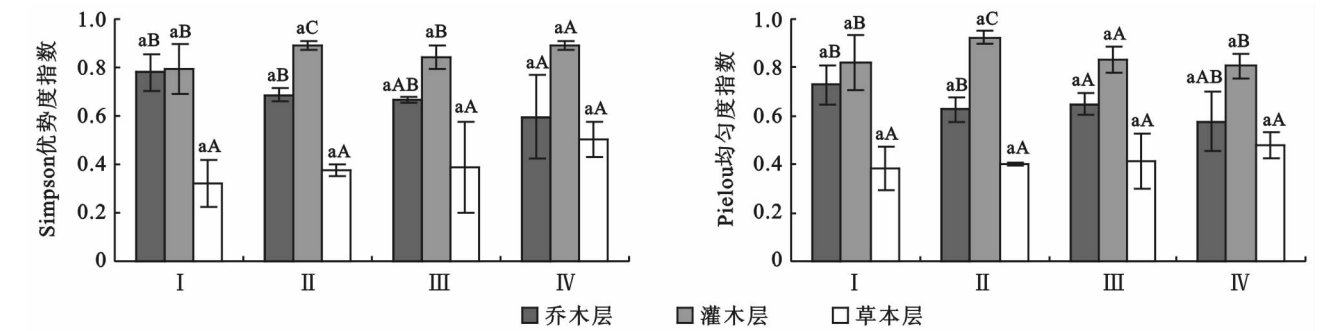


图 2 不同试验林物种 Simpson 优势度指数和 Pielou 均匀度指数分析

4 结论与讨论

4.1 桉树林和针阔混交林对植物物种组成的影响

本次调查针阔混交林 I 有 68 种植物,隶属 38 科 62 属,桉树林 II 有 41 种,隶属 26 科 39 属,针阔混交林 III 有 53 种植物,隶属 30 科 48 属,桉树林 IV 有 55 种植物,隶属 33 科 51 属。针阔混交林 I 中乔木层木本植物重要值最大的科是杉科,只包含杉木 1 个物种,其重要值达到 28.12,重要值较大的科为樟科、金缕梅科、大戟科和山茶科,其累积重要值达到 37.54,而这些物种可能发展成为亚热带植物群落的顶极植物种,表明针阔混交林 I 处于更高级的群落演替阶段^[15]。桉树林 II 中乔木层木本植物重要值最大的科为桃金娘科,只包含桉树 1 个物种,其重要值达到 43.09,其次为芸香科、樟科、大戟科和漆树科,其累积重要值达到 37.57。针阔混交林 III 重要值依次为杉科、樟科、木兰科和楝科,其累积重要值达到 73.16。桉树林 IV 重要值依次为桃金娘科、芸香科、樟科和漆树科,其累积重要值达到 68.31。4 种试验林(针阔混交林 I、桉树林 II、针阔混交林 III 和桉树林 IV)灌木层自然更新幼树(乔木)重要值最高的分别为鸭脚木(27.89)、山苍子(15.75)、银柴(7.36)和杉木(13.14),表明通过自然更新树种高于造林树种更新,自然更新对提升生物多样性的贡献较大,春花、梅叶冬青和野牡丹自然更新对灌木层生物多样性的提升

起了重要的作用。针阔混交林草本植物优势种以禾本科蔓生莠竹和弓果黍、鳞始蕨科的异叶鳞始蕨和乌毛蕨科的乌毛蕨为主,而桉树林则以禾本科的蔓生莠竹和弓果黍、里白科的芒萁为主。

4.2 桉树林和针阔混交林对植物物种多样性的影响

很多研究认为桉树人工林会带来生物多样性下降等负面效应,但这些研究多以某一林龄桉树人工林为研究对象且常以天然林或次生林作为对照,这就不能全面、客观反映桉树人工林生态学效应^[16]。由于人工种植桉树林对植物群落结构和物种多样性的影响与造林前的土地利用类型有关^[17],4 种试验林均在杉木林皆伐迹地造林,且自然环境、土壤类型、造林密度、林龄基本一致,避免了立地条件、林龄和造林前土地利用类型的差异对桉树林和针阔混交林生物多样性产生的影响。研究表明,4 种试验林间乔木层、灌木层和草本层物种丰富度指数(S)、Shannon-Wiener 指数(H')、Simpson 优势度指数(D)、Pielou 均匀度指数(E)差异不显著($P>0.05$),表明人工林生物多样性需要较长时间的演化^[18]。针阔混交林 I 乔木层 S 指数最高,而灌木层和草本层 S 指数处于较低水平,这可能是由于针阔混交林 I 郁闭度大引起,当乔木层盖度达到一定程度,林下光环境变差,影响林下灌木、草本的生长,灌木和草本群落物种数以及其个体数量就会下降。除针阔混交林 I 外,其它 3 种试验林 H' 指数大小均为灌木层>乔木层>草本层,这可

能由于幼龄期的针阔混交林Ⅲ乔木层物种的恢复达不到原有水平,同时桉树短轮伐期经营必然导致乔木层物种多样性的下降。随着林龄的增加,针阔混交林和桉树林灌木层和草本层 H' 和 D 指数均有不同程度降低。同林龄桉树林灌木层和草本层 D 指数均高于针阔混交林,表明桉树林灌木层和草本层群落内物种数量分布不均匀,优势种突出。针阔混交林Ⅰ乔木层和灌木层 H' 指数、 D 指数及 E 指数显著高于草本层 ($P < 0.05$),桉树林Ⅱ乔木层、灌木层和草本层间 H' 指数、 D 指数及 E 指数均存在显著差异 ($P < 0.05$)。针阔混交林乔木层均匀度指数 (E) 均大于桉树林,说明针阔混交林乔木层群落个体分配较为均匀,群落对于环境变化及来自内部的波动就会有较大的调节作用,稳定性好于桉树林。而 5~7 a 林龄的试验林灌木层群落稳定性高于 9~11 a 林龄的试验林。与 5~7 a 生针阔混交林相比,10~11 a 针阔混交林乔木层物种 S 、 H' 、 D 及 E 指数呈上升趋势,而灌木层和草本层呈下降趋势。与 1 代桉树林Ⅳ相比,2 代桉树林Ⅱ灌木层和草本层 S 、 H' 和 D 指数呈下降趋势,这可能由于在连续经营中,对林地的人为干扰变得十分频繁,这些干扰对林下植被群落的保护基本上是不利的,物种多样性会随之下降^[19]。

参考文献:

- [1] 杨尚东,吴俊,谭宏伟,等.红壤区桉树人工林炼山后土壤肥力变化及其生态评价[J].生态学报,2013,33(24):7788-7797.
- [2] 时伟伟,彭晚霞,宋同清,等.不同林龄尾巨桉人工林土壤养分与微生物的耦合关系[J].西北植物学报,2013,33(7):1452-1458.
- [3] 刘平,秦晶,刘建昌,等.桉树人工林地土壤养分和重金属现状分析与评价[J].环境工程学报,2011,5(3):649-656.
- [4] 李燕燕,樊后保,刘文飞,等.不同林龄尾巨桉人工林生态系统生物量的研究[J].北京林业大学学报,2011,33(4):28-32.
- [5] 刘文飞,吴建平,樊后保,等.连续年龄序列枝树人工林碳库[J].生态环境学报,2013(1):12-17.
- [6] 时忠杰,徐大平,张宁南,等.桉树人工林水文影响研究进展[J].林业科学,2009,45(11):135-140.
- [7] 向仰州,徐大平,杨曾奖,等.海南省两种人工林林下物种多样性与土壤水分物理性质的关系[J].水土保持研究,2012,19(1):37-41.
- [8] 张丹桔,张健,杨万勤,等.一个年龄序列巨桉人工林植物和土壤生物多样性[J].生态学报,2013,33(13):3947-3962.
- [9] 平亮,谢宗强.引种桉树对本地生物多样性的影响[J].应用生态学报,2009,20(7):1765-1774.
- [10] 叶绍明,温远光,杨梅,等.连栽桉树人工林生产力和植物多样性及其相关性分析[J].西北植物学报,2010(7):1458-1467.
- [11] 朱宏光,温远光,梁宏温,等.广西桉树林取代马尾松林对植物多样性的影响[J].北京林业大学学报,2009(6):149-153.
- [12] 刘振学,任广鑫,康冰,等.辛家山不同坡向次生林群落物种多样性研究[J].水土保持研究,2011,18(4):197-202.
- [13] 薛立,傅静丹,郑卫国,等.3种人工幼林的土壤微生物和酶活性研究[J].中南林业科技大学学报:自然科学版,2008,28(4):98-100.
- [14] 何友均,梁星云,覃林,等.南亚热带人工针叶纯林近自然改造早期对群落特征和土壤性质的影响[J].生态学报,2013,33(8):2484-2495.
- [15] 王芸,欧阳志云,郑华,等.南方红壤区3种典型森林恢复方式对植物群落多样性的影响[J].生态学报,2013,33(4):1204-1211.
- [16] 短轮伐期巨桉人工林生态系统[M].成都:四川科学技术出版社,2008.
- [17] 刘平,秦晶,刘建昌,等.桉树人工林物种多样性变化特征[J].生态学报,2011,31(8):2227-2235.
- [18] Calvino-Cancela M, Rubido-Bará M, van Etten E J B. Do eucalypt plantations provide habitat for native forest biodiversity[J]. Forest Ecology and Management, 2012,270:153-162.
- [19] Carneiro M, Fabião A, Martins M C, et al. Effects of harrowing and fertilisation on understory vegetation and timber production of a *Eucalyptus globulus* Labill. plantation in Central Portugal[J]. Forest Ecology and Management, 2008,255(3):591-597.
- (上接第121页)
- [21] 牛西午.柠条生物学特性研究[J].内蒙古畜牧科学,1998,19(4):16-22.
- [22] Yang L, Wei W, Chen L, et al. Response of temporal variation of soil moisture to vegetation restoration in semi-arid Loess Plateau, China[J]. Catena, 2014,115:123-133.
- [23] 许明祥,刘国彬,赵允格.黄土丘陵区土地利用及环境因子对土壤质量指标变异性的影响[J].应用生态学报,2011,22(2):409-417.