

广西不同气候条件下马尾松人工林木本植物组成及多样性特征^{*}

秦佳双¹, 王永琪¹, 马姜明^{1**}, 欧军², 蓝创造³, 杨章旗⁴

(1. 广西师范大学可持续发展创新研究院, 广西桂林 541006; 2. 广西壮族自治区国有派阳山林场, 广西崇左 532200; 3. 环江毛南族自治县华山林场, 广西河池 547105; 4. 广西林业科学研究院, 广西南宁 530002)

摘要: 马尾松 *Pinus massoniana* 人工林广泛分布于我国南部, 为了理解马尾松人工林在不同气候条件下的响应特点和分布特征, 以中国广西中亚热带、南亚热带和北热带不同气候条件下马尾松人工林的幼龄林、中龄林和过熟林阶段为研究对象, 比较分析不同气候条件下马尾松人工林木本植物物种组成及多样性特征。结果表明: (1) 所研究的 7 个林分类型中, 共记录到木本植物 229 种, 隶属 56 科 127 属, 随着中亚热带气候条件向北热带气候条件过渡, 马尾松人工林林下热带分布物种占比增大, 温带分布树种逐渐减少; (2) 在幼龄林阶段, 与南亚热带气候条件相比, 中亚热带气候条件下马尾松人工林林下灌木层及木本群落整体的物种丰富度相对较高, 在中龄林阶段和过熟林阶段, 北热带气候条件下马尾松人工林林下木本群落物种丰富度和物种多样性最高, 但优势种集中性较低; (3) 在幼龄林阶段, 南亚热带与北热带气候条件马尾松人工林林下物种差异性最大, 在中龄林阶段, 中亚热带与北热带气候条件马尾松人工林林下物种相似程度最高。气候条件变化对林下乔木层建群种有着明显影响, 而且由于生境条件差异, 不同气候条件下物种构成明显不同, 在幼龄林阶段不同气候条件对林下木本群落影响最大。

关键词: 马尾松 人工林 气候条件 物种多样性 木本植物 物种组成 广西

中图分类号: S792.39 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2020)02-0154-11

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20200423.002

0 引言

长期以来物种多样性的时空分布模式以及分布有关机制是生态学、生物地理学等学科研究的热点问题^[1], 其作为反映植物群落结构的重要指标, 一直为

生态学家所关注^[2-3]。 α 和 β 多样性等重要测度指标可以表达出生态系统整体多样性或一定空间范围内的生物异质特性^[4]。从物种水平来看, α 多样性可以有效分析群落的物种构成及其结构特征^[5]。 β 多样性可以用于研究因环境梯度的改变, 群落间物种更替

^{*} 广西创新驱动发展专项(桂科 AA17204087-7), 桂林市科学研究与技术开发计划项目(20190205, 20180107-3), 广西优良用材林资源培育重点实验室开放课题项目(2019-B-04-01)和广西研究生教育创新计划项目(XYCSZ2019081)资助。

【作者简介】

秦佳双(1992—), 男, 硕士, 主要从事恢复生态学研究。

【**通信作者】

马姜明(1976—), 男, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事退化生态系统的恢复与重建研究, E-mail: mjming03@163.com。

【引用本文】

秦佳双, 王永琪, 马姜明, 等. 广西不同气候条件下马尾松人工林木本植物组成及多样性特征[J]. 广西科学, 2020, 27(2): 154-164.

QIN J S, WANG Y Q, MA J M, et al. Composition and Diversity of Woody Plants of *Pinus massoniana* Plantations under Different Climatic Conditions in Guangxi [J]. Guangxi Sciences, 2020, 27(2): 154-164.

的程度^[6]。 α 和 β 多样性两者的应用对于探究目标群落结构特征及其生态结构和生态功能的变化过程具有重要意义^[7-8]。生物多样性分布格局特征与研究尺度大小有着密切的关系, 纬度梯度物种多样性在近100多年以来一直都是一个重要议题, 有研究认为物种丰富度随纬度梯度无显著变化^[9], 但更多的研究认为随着纬度的降低, 植物多样性呈增加的趋势^[10], 李林等^[11]针对我国亚热带气候区4个典型植物群落研究发现群落物种多样性随纬度变化趋势明显; 在气候带尺度上, 很多植物类群的物种丰富度都具有从热带向两极递减的变化趋势^[12]。对于马尾松群落物种多样性研究主要集中在不同林龄^[13]、不同密度^[14]、不同混交等^[15], 不同气候条件下马尾松物种多样性研究很少。

广西地处我国南部, 横跨亚热带、中亚热带和北热带3个气候带^[16], 具有多样的气候条件, 水热资源丰富, 对于植物的生长有着极好的条件。马尾松 *Pinus massoniana* 为阳生树种, 是贫瘠山地生态恢复过程中的重要树种, 也是我国山区及丘陵地区绿化造林的重要树种^[17-18]。本研究对广西不同气候条件下马尾松人工林林下木本植物物种组成及多样性进行研究, 分析不同气候条件对马尾松人工林群落自然恢复过程中造成的差异性, 为马尾松人工林可持续发展提供科学经营理论基础。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于广西的国有华山林场、横县镇龙林场和派阳山国有林场区内。

国有华山林场地处环江毛南族自治县中部、黔中高原南部的边缘地带, 地理坐标 $25^{\circ}05' - 25^{\circ}31'N$, $108^{\circ}06' - 108^{\circ}38'E$, 海拔300—600 m, 主要地貌为低山和中山。属中亚热带气候, 日照充足, 热量充沛, 水热同步, 干湿季节明显。年平均气温为 $19.8^{\circ}C$, 极端

最高气温 $38.9^{\circ}C$, 极端最低气温 $0.5^{\circ}C$, 年降雨量1402.1 mm, 年蒸发量1420 mm, 相对湿度79%, 全年日照时数1399.9 h。土壤主要是红壤、黄红壤和黄壤。

横县镇龙林场位于广西横县北部, 地理坐标 $109^{\circ}08' - 109^{\circ}19'E$, $23^{\circ}02' - 23^{\circ}08'N$, 海拔400—700 m, 主要地貌类型为低山丘陵。属于南亚热带季风气候, 日照充足, 热量充沛, 年平均气温为 $21.5^{\circ}C$, 极端低温 $-1^{\circ}C$, 极端高温 $39.23^{\circ}C$, 年均降雨量为1477.8 mm, 年平均日照时数1758.9 h。土壤多为赤红壤, 呈酸性或微酸性。

国有派阳山林场位于广西西南部宁明县境内。地理坐标 $106^{\circ}30' - 107^{\circ}15'E$, $21^{\circ}15' - 22^{\circ}30'N$, 海拔200—800 m, 主要地貌类型为低山。林场地处北回归以南, 属北热带季风气候^[19], 日照充足, 热量充沛, 年均气温 $21.8^{\circ}C$, 年均降雨量1250—1700 mm。土壤有赤红壤、黄红壤、紫色土等, 以赤红壤为主, 分布于500 m以下的丘陵坡地。场内现有森林植被中人工林占77%, 以马尾松 *Pinus massoniana*、桉树 *Eucalyptus* spp. 和八角枫 *Alangium chinense* 为主。

1.2 样地设置及调查

采用群落学调查方法在华山林场、镇龙林场、派阳山林场选取立地环境大致相似, 不同林龄不同气候条件下的马尾松人工林进行研究。根据林龄和气候带将林分划分为7个类型, 分别为YCS、YSS、MCS、MSS、MNT、OSS、ONT; 其中, Y、M、O分别表示幼龄林(≤ 10 a)、中龄林(10—20 a)、过熟林(> 51 a), CS、SS、NT分别表示中亚热带气候条件、南亚热带气候条件和北热带气候条件。其中镇龙林场有3个类型、华山林场和派阳山林场各有2个类型, 每类样地各设置有3个 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的标准样方, 总计21个样方(表1)。调查记录各样地的海拔、坡向、坡位生境因子, 以及样方内木本植物种类、胸径(基径)、树(株)高、冠幅、株树、郁闭程度。

表1 马尾松人工林样地基本情况

Table 1 Basic situation of *Pinus massoniana* plantation plots

地点 Place	气候带 Climatic zones	林分类型 Stand type	林龄 Ages (a)	坡向 Slope aspect	坡位 Slope position	海拔 Altitude (m)	平均胸径 Average DBH (cm)	平均树高 Average height (m)	密度 Density (trees · hm ⁻²)	郁闭度 Canopy density	
华山林场 Huashan Farm	Forest	中亚热带 Central sub-tropical	YCS	10	N	中上 Mid-up	314	16.02	13.35	1983	0.8
华山林场 Huashan Farm	Forest	中亚热带 Central sub-tropical	MCS	19	SE	中 Mid	315	15.18	13.83	925	0.7

续表 1

Continued table 1

地点 Place	气候带 Climatic zones	林分类型 Stand type	林龄 Ages (a)	坡向 Slope aspect	坡位 Slope position	海拔 Altitude (m)	平均胸径 Average DBH (cm)	平均树高 Average height (m)	密度 Density (trees · hm ⁻²)	郁闭度 Canopy density
镇龙林场 Zhenlong Forest Farm	南亚热带 South subtropical	YSS	7	NW	中 Mid	313	10.55	5.65	1 300	0.7
镇龙林场 Zhenlong Forest Farm	南亚热带 South subtropical	MSS	18	SE	中上 Mid-up	378	12.67	10.79	1 407	0.8
镇龙林场 Zhenlong Forest Farm	南亚热带 South subtropical	OSS	59	SE	上 Up	258	41.27	26.55	197	0.8
派阳山林场 Paiyang Mountain Forest Farm	北热带 Northern tropics	MNT	14	SW	中 Mid	426	11.52	9.75	1 066	0.7
派阳山林场 Paiyang Mountain Forest Farm	北热带 Northern tropics	ONT	61	NE	中上 Mid-up	425	50.87	30.19	307	0.7

1.3 群落组成和多样性

1.3.1 重要值

重要值是群落中植物种优势度的一个度量标志,其大小反映群落中每种植物的相对重要性及植物的最适生境。参考马姜明等^[20]的方法计算重要值:

乔木物种重要值(IV) = (相对多度 + 相对显著度 + 相对频度) / 3 × 100%, (1)

灌木物种重要值(IV) = (相对多度 + 相对盖度 + 相对频度) / 3 × 100%。 (2)

1.3.2 α 多样性测度

α 多样性是测度群落物种多样性常用指标,其大小反映群落内物种的丰富度和均匀度。其中,采用 Shannon Wiener 指数、Pielou 指数、Simpson 指数来度量^[21-22]。

采用受物种数和重要值综合影响的 Shannon Wiener 指数 H' 来讨论群落的物种多样特性程度^[11],对群落的丰富程度 S 以物种总数来表达:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i, \quad (3)$$

式中, p_i 为林下木本植物 i 的相对重要值, S 为所计算的样地林下木本植物的总数目。多样性、均匀度与优势度的计算以重要值作为数量指标。

群落的 Pielou 均匀度 J 的计算公式为

$$J = \frac{H'}{\ln S}. \quad (4)$$

对于群落优势度特征使用 Simpson 指数 D 进行

测度,该指数受优势种影响较大,其计算公式为

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2. \quad (5)$$

1.3.3 β 多样性测度

β 多样性指数反映群落间物种组成差异及其物种多样性对环境梯度变化的响应。其中,采用 Cody 指数、Jaccard 指数、Sorensen 指数和 Bray-Curtis 指数来度量^[23-24]:

Cody 指数的计算公式为

$$\beta_c = (b + c) / 2, \quad (6)$$

Jaccard 指数的计算公式为

$$C_J = a / (a + b + c), \quad (7)$$

Sorensen 指数的计算公式为

$$C_S = 2a / (2a + b + c), \quad (8)$$

式(6)–(8)中, a 是两个样地内共同拥有的物种数目, b 是样地 A 独有物种的数目, c 是样地 B 独有物种的数目。

Bray-Curtis 指数的计算公式为

$$C_N = 2N_j / (N_a + N_b), \quad (9)$$

式中, N_a 为样地 A 各个物种所有的个体数目总和, N_b 为样地 B 各个物种所有的个体数目总和, N_j 为 A 和 B 共同拥有物种中较小个体的数目之和,在计算时,以重要值代替个体数来计算。

2 结果与分析

2.1 物种组成

通过对广西境内幼龄林(≤ 10 a)、中龄林(10—

20 a)和过熟林(>51 a)不同气候条件下马尾松人工林林下群落内植被进行调查,共记录木本植物 229 种,隶属 56 科 127 属,其中绝大多数为单属单种生活型,大戟科 Euphorbiaceae、豆科 Leguminosae、番荔枝科 Annonaceae、防己科 Menispermaceae、夹竹桃科 Apocynaceae、金缕梅科 Hamamelidaceae、壳斗科 Fagaceae、楝科 Meliaceae、萝藦科 Asclepiadaceae、马鞭草科 Verbenaceae、木兰科 Magnoliaceae、木犀科 Oleaceae、葡萄科 Vitaceae、漆树科 Anacardiaceae、茜草科 Rubiaceae、蔷薇科 Rosaceae、忍冬科 Caprifoliaceae、桑科 Moraceae、山茶科 Theaceae、鼠李科 Rhamnaceae、桃金娘科 Myrtaceae、五加科 Araliaceae、榆科 Ulmaceae、芸香科 Rutaceae、樟科 Lauraceae、紫金牛科 Myrsinaceae 为多属多种类型。林下物种构成随着温湿度等气候条件的变化而存在明显差异,温带分布物种逐渐少,热带分布物种占比逐渐增大。幼龄林阶段 YCS 马尾松人工林林下温带分布物种有 4 种, YSS 林下温带分布物种有 3 种; 中龄林阶段 MCS 林下温带分布物种有 4 种, MSS 林下温带物种有 4 种, MNT 林下温带物种有 2 种; 过熟林阶段 OSS 林下温带分布物种有 2 种, ONT 林下温带分布物种有 1 种。

马尾松人工林林下木本植物物种构成在不同气候条件情况下存在一定差异。在幼龄林阶段, YCS 林下灌木层主要优势物种为鹅掌柴 *Schefflera heptaphylla*、地果 *Ficus tikoua*、茄叶斑鸠菊 *Vernonia solanifolia*; YSS 林下灌木层的主要优势物种为展毛野牡丹 *Melastoma normale*、广西水锦树 *Wendlandia aberrans*、鼠刺 *Itea chinensis*。在中龄林阶

段, MCS 林下灌木层的主要优势物种为三桠苦 *Evoidia leptota*、地果、桃金娘 *Rhodomyrtus tomentosa*, 乔木层为芳槁润楠 *Machilus suaveolens*、欆木 *Loropetalum chinense*、鸡仔木 *Sinoadina racemosa*、西南木荷 *Schima wallichii*; MSS 林下灌木层的主要优势物种为鹅掌柴、三桠苦、草珊瑚 *Sarcandra glabra*, 乔木层为山乌柏 *Sapium discolor*、鹅掌柴; MNT 林下灌木层的主要优势物种为山鸡椒 *Litsea cubeba*、茄叶斑鸠菊, 派阳山林场马尾松人工林中龄林阶段样地没有乔木层分布。在过熟林阶段, OSS 林下灌木层的主要优势物种为纽子果 *Ardisia palysticta*、海南冬青 *Ilex hainanensis*、九节 *Psychotria rubra*, 乔木层为海南冬青、鹅掌柴、大叶栎 *Quercus griffithii*; ONT 林下灌木层的主要优势物种为假苹婆 *Sterculia lanceolata*、尾叶崖爬藤 *Tetrastigma caudatum*、纽子果, 乔木层为毛八角枫 *Alangium kurzii*、假苹婆、鹅掌柴。

从表 2 可以看出, 在中龄林阶段, 中亚热带气候条件和南亚热带气候条件下林下乔木层共有种只有一种, 为狭基润楠。从中亚热带气候条件到南亚热带气候条件时, 该物种的优势地位有所下降; 在过熟林阶段, 南亚热带气候条件和北热带气候条件下林下乔木层共有种有鹅掌柴、芳槁润楠、枫香 *Liquidambar formosana*、橄榄 *Canarium album*、毛八角枫 5 种, 由南亚热带气候条件转移为北热带气候条件时, 鹅掌柴、橄榄的优势地位下降, 芳槁润楠、枫香、毛八角枫的优势地位升高。隶属于 5 科 5 属的这 5 种木本植物占两种密度林下乔木层植物总数的百分比分别为 27.5% 和 45.56%。

表 2 不同林龄马尾松人工林各气候条件下林下乔木层共有种重要值
Table 2 Important values of common species of tree layer of *Pinus massoniana* plantations under different climatic conditions of different forest ages

林分类型 Stand types	共有种 Common species	中亚热带气候条件 Central subtropical climatic conditions	南亚热带气候条件 South subtropical climatic conditions	北热带气候条件 Northern tropical climatic conditions
中龄林 Middle-aged forest	狭基润楠 <i>Machilus attenuata</i>	0.10	0.02	
过熟林 Overripe forest	鹅掌柴 <i>Schefflera heptaphylla</i>		18.15	13.26
	芳槁润楠 <i>Machilus suaveolens</i>		2.81	4.59
	枫香 <i>Liquidambar formosana</i>		1.02	1.88
	橄榄 <i>Canarium album</i>		3.68	2.29
	毛八角枫 <i>Alangium kurzii</i>		1.84	23.54

从表 3 可以看出,在幼龄林阶段,中亚热带气候条件和南亚热带气候条件林下灌木层共有种有楠藤 *Mussaenda erosa*、大青 *Clerodendrum cyrtophyllum*、粗叶榕 *Ficus hirta*、鲫鱼胆 *Maesa perlaris*、毛桐 *Mallotus barbatus*、岗柃 *Eurya groffii* 等 20 种,这 20 种木本植物隶属于 13 科 19 属,占两种密度林下灌木层植物总数的百分比分别为 22.89% 和 64.11%,从中亚热带气候条件到南亚热带气候条件时,展毛野牡丹的优势地位明显上升;在中龄林阶段,3 种气候条件下林下灌木层共有种有三桠苦、楠藤、山乌柏、鹅掌柴、菝葜 *Smilax china*、鲫鱼胆、粗叶

榕、西南木荷 *Schima wallichii* 等 31 种,这 31 种木本植物隶属于 19 科 26 属,占两种密度林下灌木层植物总数的百分比分别为 47.74%、62.18% 和 62.15%;在过熟林阶段,南亚热带气候条件和北热带气候条件林下灌木层共有种为纽子果、九节、三桠苦、鹅掌柴、狭基润楠、楠藤、瓜馥木 (*Fissistigma oldhamii*) 等 28 种,这 28 种木本植物隶属于 18 科 25 属,占两种密度林下灌木层植物总数的百分比分别为 53.56% 和 41.27%,从南亚热带气候条件到北热带气候条件时,纽子果、九节、三桠苦的优势地位明显下降。

表 3 不同林龄马尾松人工林各气候条件下灌木层共有种重要值
Table 3 Important values of common species of shrub layer of *Pinus massoniana* plantations under different climatic conditions of different forest ages

林分类型 Stand types	共有种 Common species	中亚热带气候条件 Central subtropical climatic conditions	南亚热带气候条件 South subtropical climatic conditions	北热带气候条件 Northern tropical climatic conditions
幼龄林 Young forest	楠藤 <i>Mussaenda erosa</i>	5.95	4.67	
	大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	3.13	3.21	
	粗叶榕 <i>Ficus hirta</i>	1.98	2.76	
	鲫鱼胆 <i>Maesa perlaris</i>	1.73	1.48	
	毛桐 <i>Mallotus barbatus</i>	1.46	1.24	
	岗柃 <i>Eurya groffii</i>	1.27	1.67	
	越南悬钩子 <i>Rubus cochinchinensis</i>	1.20	2.26	
	展毛野牡丹 <i>Melastoma normale</i>	1.08	18.08	
	狭基润楠 <i>Machilus attenuata</i>	0.83	2.47	
	西南木荷 <i>Schima wallichii</i>	0.73	4.01	
	海南冬青 <i>Ilex hainanensis</i>	0.72	0.76	
	盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	0.64	2.75	
	粗叶悬钩子 <i>Rubus alceaefolius</i>	0.43	0.53	
	山乌柏 <i>Sapium discolor</i>	0.42	0.71	
	鼠刺 <i>Itea chinensis</i>	0.40	9.75	
	毛果算盘子 <i>Glochidion eriocarpum</i>	0.34	0.96	
	九节 <i>Psychotria rubra</i>	0.24	2.80	
	山鸡椒 <i>Litsea cubeba</i>	0.13	2.90	
	野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	0.11	0.59	
	八角枫 <i>Alangium chinense</i>	0.10	0.51	
中龄林 Middle-aged forest	三桠苦 <i>Evodia lepta</i>	19.88	9.33	2.13
	楠藤 <i>Mussaenda erosa</i>	2.52	2.98	4.66
	山乌柏 <i>Sapium discolor</i>	2.26	2.06	0.32
	鹅掌柴 <i>Schefflera heptaphylla</i>	2.23	9.34	1.16
	菝葜 <i>Smilax china</i>	2.13	0.23	1.93

续表 3

Continued table 3

林分类型 Stand types	共有种 Common species	中亚热带气候条件 Central subtropical climatic conditions	南亚热带气候条件 South subtropical climatic conditions	北热带气候条件 Northern tropical climatic conditions
	鲫鱼胆 <i>Maesa perlaricus</i>	2.09	5.04	2.02
	粗叶榕 <i>Ficus hirta</i>	1.95	4.59	2.55
	西南木荷 <i>Schima wallichii</i>	1.59	0.23	0.95
	茄叶斑鸠菊 <i>Vernonia solanifolia</i>	1.57	0.16	5.53
	山鸡椒 <i>Litsea cubeba</i>	1.44	2.48	6.02
	展毛野牡丹 <i>Melastoma normale</i>	1.37	0.34	3.23
	大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	1.09	2.16	4.56
	黑面神 <i>Breynia fruticosa</i>	0.83	0.51	0.27
	毛果算盘子 <i>Glochidion eriocarpum</i>	0.66	1.09	2.52
	藤黄檀 <i>Dalbergia hancei</i>	0.66	1.97	0.58
	海南冬青 <i>Ilex hainanensis</i>	0.63	0.74	0.13
	毛鸡矢藤 <i>Paederia scandens</i> var. <i>tomentosa</i>	0.59	0.15	0.35
	鼠刺 <i>Itea chinensis</i>	0.47	5.91	1.12
	越南悬钩子 <i>Rubus cochinchinensis</i>	0.45	2.56	4.43
	芳槁润楠 <i>Machilus suaveolens</i>	0.43	0.71	0.79
	黄牛木 <i>Cratogeomys cochinchinense</i>	0.41	0.15	0.39
	灰毛大青 <i>Clerodendrum canescens</i>	0.39	0.28	0.28
	台湾榕 <i>Ficus formosana</i>	0.39	0.70	2.17
	野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	0.37	1.13	1.53
	玉叶金花 <i>Mussaenda pubescens</i>	0.30	0.92	1.04
	白花酸藤果 <i>Embelia ribes</i>	0.29	2.99	2.00
	木荷 <i>Schima superba</i>	0.28	0.15	0.25
	枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	0.20	1.19	3.70
	藤构 <i>Broussonetia kaempferi</i> var. <i>australis</i>	0.10	1.44	0.13
	紫珠 <i>Callicarpa bodinieri</i>	0.09	0.37	0.95
	变叶榕 <i>Ficus variolosa</i>	0.08	0.28	4.46
过熟林 Overripe forest	纽子果 <i>Ardisia palysticta</i>		23.81	6.23
	九节 <i>Psychotria rubra</i>		8.39	3.03
	三椏苦 <i>Evodia lepta</i>		6.52	2.40
	鹅掌柴 <i>Schefflera heptaphylla</i>		2.85	2.06
	狭基润楠 <i>Machilus attenuata</i>		1.80	2.93
	楠藤 <i>Mussaenda erosa</i>		1.46	1.37
	瓜馥木 <i>Fissistigma oldhamii</i>		1.32	1.09
	菝葜 <i>Smilax china</i>		1.26	1.77
	香楠 <i>Aidia canthioides</i>		1.16	0.64
	野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>		1.09	0.50
	黄牛木 <i>Cratogeomys cochinchinense</i>		0.39	1.20

续表 3

Continued table 3

林分类型 Stand types	共有种 Common species	中亚热带气候条件 Central subtropical climatic conditions	南亚热带气候条件 South subtropical climatic conditions	北热带气候条件 Northern tropical climatic conditions
	芳樟润楠 <i>Machilus suaveolens</i>		0.37	3.20
	尾叶崖爬藤 <i>Tetrastigma caudatum</i>		0.35	6.65
	广西水锦树 <i>Wendlandia aberrans</i>		0.34	0.51
	毛柱铁线莲 <i>Clematis meyeniana</i>		0.27	0.09
	粗叶榕 <i>Ficus hirta</i>		0.27	0.36
	展毛野牡丹 <i>Melastoma normale</i>		0.27	0.13
	粤蛇葡萄 <i>Ampelopsis cantoniensis</i>		0.26	0.24
	毛黄肉楠 <i>Actinodaphne pilosa</i>		0.16	2.36
	娃儿藤 <i>Tylophora ovata</i>		0.15	0.35
	水同木 <i>Ficus fistulosa</i>		0.14	0.30
	越南悬钩子 <i>Rubus cochinchinensis</i>		0.14	0.32
	假玉桂 <i>Celtis timorensis</i>		0.14	0.46
	鸡矢藤 <i>Paederia scandens</i>		0.13	0.11
	玉叶金花 <i>Mussaenda pubescens</i>		0.13	1.41
	毛果算盘子 <i>Glochidion eriocarpum</i>		0.13	0.90
	茄叶斑鸠菊 <i>Vernonia solanifolia</i>		0.13	0.45
	山鸡椒 <i>Litsea cubeba</i>		0.13	0.21

2.2 α 多样性

由表 4 可以明显看出,随着气候条件的变化,在中龄林阶段林下灌木层以及木本群落整体的物种丰富度表现为中亚热带=北热带>南亚热带,在幼龄林阶段和过熟林阶段林下木本群落的物种丰富度均为

南亚热带最小;在中龄林阶段林下乔木层物种丰富度在不同气候条件下表现为南亚热带>中亚热带,在过熟林阶段北热带气候条件下林下乔木层物种丰富度较大。

表 4 不同气候条件马尾松人工林木本群落 α 多样性Table 4 α diversity of woody community of *Pinus massoniana* plantations under different climatic conditions

林分类型 Stand types	气候带 Climatic zones	层次 Layer	α 多样性指数 α diversity index			
			物种丰富度(S) Species richness	Shannon Wiener 指数(H') Shannon Wiener index	均匀度指数(J) Pielou index	Simpson 指数(D) Simpson index
幼龄林 Young forest	中亚热带 Central tropical	灌木 Shrub	73	3.619 6	0.843 6	0.043 1
		木本群落 Woody community	73	3.619 6	0.843 6	0.043 1
	南亚热带 South subtropical	灌木 Shrub	38	2.993 8	0.823 0	0.084 0
		木本群落 Woody community	38	2.993 8	0.823 0	0.084 0
中龄林 Middle-aged forest	中亚热带 Central tropical	乔木 Arbor	3	1.039 4	0.946 1	0.374 2
		灌木 Shrub	83	3.637 8	0.823 3	0.062 0

续表 4

Continued table 4

林分类型 Stand types	气候带 Climatic zones	层次 Layer	α 多样性指数 α diversity index				
			物种丰富度(S) Species richness	Shannon Wiener 指数(H') Shannon Wiener index	均匀度指数(J) Pielou index	Simpson 指数(D) Simpson index	
过熟林 Overripe forest	南亚热带 South subtropical	木本群落 Woody community	83	3.672 0	0.831 0	0.056 9	
		乔木 Arbor	10	1.410 3	0.612 5	0.411 3	
		灌木 Shrub	58	3.455 4	0.851 0	0.044 0	
	北热带 Northern tropical	木本群落 Woody community	59	3.276 1	0.803 4	0.069 8	
		灌木 Shrub	83	3.906 4	0.882 4	0.027 4	
		木本群落 Woody community	83	3.906 4	0.882 4	0.027 4	
	南亚热带 South subtropical	乔木 Arbor	16	2.318 0	0.836 0	0.114 8	
		灌木 Shrub	55	2.964 6	0.739 8	0.100 6	
		木本群落 Woody community	58	3.097 0	0.762 7	0.075 9	
		北热带 Northern tropical	乔木 Arbor	17	2.437 7	0.860 4	0.121 8
			灌木 Shrub	83	3.809 4	0.862 1	0.037 0
	木本群落 Woody community	87	3.819 9	0.855 4	0.035 9		

在中龄林阶段林下灌木层以及木本群落整体的 Shannon Wiener 指数变化随着纬度的降低呈先伏后起的趋势, 表现为北热带 > 中亚热带 > 南亚热带, 在幼龄林阶段和过熟林阶段均以南亚热带最小。在中龄林阶段林下木本群落整体均匀度总体上随着纬度的降低呈先伏后起的趋势, 表现为北热带 > 中亚热带 > 南亚热带, 且在幼龄林阶段和过熟林阶段均为南亚热带最小; 在中龄林阶段和过熟林阶段林下灌木层表现为逐渐增大的趋势; 在中龄林阶段林下乔木层均匀度以中亚热带气候条件为较高, 过熟林以北亚热带气候条件为较高。林下木本群落整体 Simpson 指数在中龄林阶段表现为南亚热带 > 中亚热带 > 北热带, 且在幼龄林阶段和过熟林阶段均以南亚热带气候条件为较大; 林下灌木层 Simpson 指数表现为除过熟林阶段以中亚热带气候条件为最小之外, 其余阶段均以北热带气候条件为最小。

2.3 β 多样性

由表 5 可以明显看出, 林下木本群落不同气候

条件之间的相异性系数中, OSS-ONT 林下木本群落间的 Cody 指数最高, 为 53.0。在不同气候条件下林下木本群落任意两两样地之间的相似性系数表明, 不同气候条件下林下木本群落整体存在物种差异。MCS-MNT 林下木本群落整体之间的 Jaccard 指数、Sorensen 指数和 Bray-Curtis 指数最大, 分别为 0.350 8, 0.519 3 和 0.292 8, 说明在中龄林阶段南亚热带气候条件和北热带气候条件下林下木本群落之间物种组成差异相比其他是最小的; YCS-YSS 林下木本群落之间的 Bray-Curtis 指数最小, 为 0.211 5。不同气候条件林下木本群落的 Cody 顺序为 OSS-ONT > MCS-MNT = MCS-MSS > YCS-YSS > MSS-MNT; 不同纬度群落间的 Jaccard 指数、Sorensen 指数和 Bray-Curtis 指数由大到小的顺序均为 MCS-MNT > MSS-MNT > MCS-MSS > OSS-ONT > YCS-YSS。

表 5 不同气候条件下马尾松人工林木本群落 β 多样性Table 5 β diversity of woody community of *Pinus massoniana* plantations under different climatic conditions

比较阶段 Comparison phase	Cody 指数 Cody index (β_c)	Jaccard 指数 Jaccard index (C_j)	Sorensen 指数 Sorensen index (C_s)	Bray-Curtis 指数 Bray-Curtis index (C_N)
YCS-YSS	42.5	0.190 5	0.320 0	0.211 5
MCS-MSS	43.5	0.286 9	0.445 9	0.278 7
MCS-MNT	43.5	0.350 8	0.519 3	0.292 8
MSS-MNT	36.0	0.345 5	0.513 5	0.287 7
OSS-ONT	53.0	0.231 9	0.376 5	0.247 0

3 讨论

除土壤有机质外,气候因素中温度或降雨,纬度高低造成的日照时长和强度等环境因子差异,是影响自然界群落中物种生长与发育的重要因素^[22,25],导致不同人工林群落间物种组成以及数量发生相应的变化^[26-27]。本研究在不同气候条件下,相同林龄的马尾松人工林林下木本植物群落间总体表现为热带分布物种占比逐渐增大,温带分布物种逐渐减少,与陶旺兰等^[28]研究结果一致,且群落中物种分布类型的变化与研究地区气候分布变化基本一致,说明纬度的降低,气候的改变,光照、温度、降水等环境因子提升,水热条件等均影响着植被的生长及其优势度^[29],群落中生境更适合热带物种生长,温带分布物种在群落中竞争力逐渐降低,从而温带分布物种逐渐减少。不同气候条件下林下拥有的相同物种不同,且其优势度也各有高低,如过熟林阶段马尾松人工林从南亚热带气候条件过渡到北亚热带气候条件时,林下共有的 5 种乔木树种中毛八角枫的优势地位升高,而鹅掌柴优势地位下降,表明气候条件变化对林下乔木层建群有着明显影响^[30-31]。

不同气候条件下林下木本植物物种丰富度与 Shannon Wiener 指数变化趋势相同,在幼龄林阶段、中龄林阶段和过熟林阶段,林下木本群落中均以南亚热带气候条件最小,说明南亚热带气候条件下林下物种信息量低,物种多样性较低;群落均匀度与 Simpson 指数之间变化趋势相反,则表明在不同气候条件下林下物种均匀度越高的群落中,主要优势种集中性越低,各物种分布越均匀。在南亚热带气候条件林下物种均匀度在各林龄内均最小,说明南亚热带气候条件下马尾松人工林群落中优势物种集中性较高。

β 多样性有效反映了不同群落间物种构成的差异^[32],有研究表明历史气候因素是决定 β 多样性分

布格局的主要因子^[11,32-33]。本研究发现不同气候条件下林下木本群落间 β 多样性存在明显差异,充分体现了在不同气候条件下马尾松人工林各自具有较独特的物种和谱系组成。在幼龄林阶段中亚热带气候条件和南亚热带气候条件下,林下木本群落之间的相似性程度最低,说明不同气候条件下幼龄林阶段之间差异是最大的,这可能是因为在幼龄林郁闭度不足,不同气候条件对人工林林下物种影响程度有差异。在中龄林阶段不同气候条件下,林下木本群落两两之间的 Jaccard 指数和 Sorensen 指数均以 MCS-MNT 群落间最大,说明在中龄林阶段中亚热带与北亚热带气候条件下,林下木本群落物种相似性高,群落结构差异性较小。

致谢:

感谢华山林场、镇龙林场和派阳山林场工作人员在野外采样中给予的帮助,感谢广西师范大学生命科学院研究生以及本科生在室内实验中提供的协助。

参考文献

- [1] 胡一鸣,梁健超,金崑,等.喜马拉雅山哺乳动物物种多样性垂直分布格局[J].生物多样性,2018,26(2):191-201.
- [2] HUSTON A M. The coexistence of species on changing landscapes [J]. Page Biological Diversity,1994:483-557.
- [3] SHANNON C E,WEAVER W. The mathematical theory of communication [M]. Urbana:University of Illinois Press,1949.
- [4] 郝智如,侯瑞萍,张克斌,等.宁夏盐池县人工封育区植物群落的 β 多样性[J].水土保持通报,2014,34(3):257-261,299.
- [5] 田红,李文金,张玉珍.高寒草甸对植物多样性短期丧失的响应[J].甘肃农业大学学报,2015,50(1):93-98.
- [6] 余玉洋,周江松.黄河中下游典型河岸带植物群落的 β 多样性分析[J].河南科技,2016(7):152-153.
- [7] 陈杰,郭屹立,卢训令,等.伊洛河流域草本植物群落物

- 种多样性[J]. 生态学报,2012,32(10):3021-3030.
- [8] 张雪妮,吕光辉,王庭权,等. 荒漠区垂直河岸带植物多样性格局及其成因[J]. 生态学报,2015,35(18):5966-5974.
- [9] COATES M. A comparison of intertidal assemblages on exposed and sheltered tropical and temperate rocky shores [J]. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 1998,7(2):115-124.
- [10] 汪殿蓓,暨淑仪,陈飞鹏. 植物群落物种多样性研究综述[J]. 生态学杂志,2001,20(4):55-60.
- [11] 李林,魏识广,练璐愉,等. 亚热带不同纬度植物群落物种多样性的分布规律[J]. 生态学报,2020,40(4):1249-1257.
- [12] WILLIG M R, KAUFMAN D M, STEVENS R D. Latitudinal gradients of biodiversity: Pattern, process, scale, and synthesis [J]. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 2003,20(34):273-309.
- [13] 盘金文,郭其强,余大龙,等. 不同林龄马尾松人工林优势种径级结构及物种多样性分析[J]. 西北植物学报,2019,39(4):722-728.
- [14] 张柳桦,齐锦秋,李婷婷,等. 林分密度对新津文峰山马尾松人工林林下物种多样性和生物量的影响[J]. 生态学报,2019,39(15):5709-5717.
- [15] 陈模芳,丁贵杰,张仁波. 不同马尾松群落类型结构及物种多样性特征[J]. 西部林业科学,2019,48(4):57-65.
- [16] 涂方旭,苏志,刘任业. 广西气候带的划分[J]. 广西科学,1997(3):37-42.
- [17] 秦晓佳,丁贵杰. 不同林龄马尾松人工林土壤有机碳特征及其与养分的关系[J]. 浙江林业科技,2012,32(2):12-17.
- [18] 李明军,杜明凤,聂朝俊. 马尾松人工林地力维护研究进展[J]. 世界林业研究,2014,27(5):31-36.
- [19] 向悟生,李冬兴,王斌,等. 广西弄岗北热带喀斯特季节性雨林林隙特征与空间分布[J]. 广西植物,2019,39(1):87-97.
- [20] 马姜明,占婷婷,莫祖英,等. 漓江流域岩溶区櫟木群落不同恢复阶段主要共有种生态位变化[J]. 西北植物学报,2012,32(12):2530-2536.
- [21] 张艺帆,任哲,邓荣艳,等. 滨海自然植物群落物种多样性及种间垂直联结性[J]. 广西科学,2019,26(3):324-334.
- [22] 朱育锋,肖智华,彭晚霞,等. 广西不同龄级桉树人工林植物多样性和群落结构动态变化特征[J]. 中南林业科技大学学报,2018,38(12):38-44.
- [23] 马姜明,吴蒙,占婷婷,等. 漓江流域岩溶区櫟木群落不同恢复阶段物种组成及多样性变化[J]. 生态环境学报,2013,22(1):66-71.
- [24] 翁昌露,张田田,巫东豪,等. 古田山10种主要森林群落类型的 α 和 β 多样性格局及影响因素[J]. 生物多样性,2019,27(1):33-41.
- [25] 李婷婷,姬兰柱,于大炮,等. 东北阔叶红松林群落分类、排序及物种多样性比较[J]. 生态学报,2019,39(2):620-628.
- [26] 何彪,彭泽瑜. 云南地区乔木物种经、纬度梯度的 β 多样性[J]. 安徽农业科学,2015,43(1):107-109.
- [27] 温远光,夏承博,周晓果,等. 不同石漠化治理模式下群落的植物组成及多样性[J]. 广西科学,2017,24(2):168-174,181.
- [28] 陶旺兰,胡刚,张忠华,等. 西南喀斯特木本植物区系成分的纬度变异格局[J]. 植物科学学报,2018,36(5):667-675.
- [29] 谭一波,田红灯,郑威,等. 广西猫儿山森林群落土壤物理性质空间变异及其环境影响因素[J]. 广西林业科学,2017,46(2):123-129.
- [30] 苏洋. 水热气候条件对中国植被建群种区系分布的影响[D]. 北京:华北电力大学,2012.
- [31] 刘钦普,林振山. 内蒙古草原羊草群落优势物种对气候变暖的响应[J]. 地理科学进展,2006,52(1):63-71.
- [32] 斯幸峰,赵郁豪,陈传武,等. Beta多样性分解:方法、应用与展望[J]. 生物多样性,2017,25(5):464-480.
- [33] FERNÁNDEZ L D, FOURNIER B, RIVERA R, et al. Water-energy balance, past ecological perturbations and evolutionary constraints shape the latitudinal diversity gradient of soil testate amoebae in south-western South America [J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2016, 25(10):1216-1227.

Composition and Diversity of Woody Plants of *Pinus massoniana* Plantations under Different Climatic Conditions in Guangxi

QIN Jiashuang¹, WANG Yongqi¹, MA Jiangming¹, OU Jun², LAN Chuangzao³,
YANG Zhangqi⁴

(1. Innovation Institute of Sustainable Development, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541006, China; 2. Guangxi Zhuang Autonomous Region State-owned Paiyang Mountain Forest Farm, Chongzuo, Guangxi, 532200, China; 3. Huashan Forest Farm of Huanjiang Maonan Autonomous County, Hechi, Guangxi, 547105, China; 4. Guangxi Academy of Forestry Sciences, Nanning, Guangxi, 530002, China)

Abstract: *Pinus massoniana* plantations are widely distributed in southern China. In order to understand the response characteristics and distribution characteristics of *P. massoniana* plantations under different climate conditions, the young, middle-aged and over-mature forest stages of *P. massoniana* plantation under different climatic conditions in the mid-subtropical zone, south subtropical zone and north tropical zone of Guangxi, China were taken as the research objects. The species composition and diversity characteristics of woody plants under different climate conditions were compared and analyzed. The results showed that: (1) Among the 7 forest types studied, a total of 229 woody plants were recorded, belonging to 56 families and 127 genera. With the transition from the mid-subtropical climate to the northern tropical climate, the proportion of tropical distribution species of the *P. massoniana* plantation forest increased, and the temperate distribution of tree species gradually decreased. (2) At the young forest stage, the species richness of undergrowth shrub layer and woody community of *P. massoniana* plantations in mid-subtropical climatic conditions was relatively high compared with that of south subtropical climatic conditions. At the middle-aged forest stage and over-mature forest stage, the species richness and species diversity of undergrowth woody community in *P. massoniana* plantations under northern tropical climate were the highest, but the concentration of dominant species was lower. (3) At the young forest stage, the difference between understory species of *P. massoniana* plantation under the southern subtropical and northern tropical climates was the largest. At the middle-aged forest stage, the similarity degree of undergrowth species of *P. massoniana* plantations under sub-tropical and northern tropical climates was the highest. Changes in climatic conditions had a significant impact on the species under tree layers, and due to differences in habitat conditions, the species composition under different climatic conditions was significantly different. Different climatic conditions at the young forest stage had the greatest impact on the understory woody forest communities.

Key words: *Pinus massoniana*, plantations, climatic conditions, species diversity, woody plants, species composition, Guangxi

责任编辑:符支宏



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxkx@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkx/ch>