

佛山市云勇森林公园风景林不同年龄乔木层树种生态位特征*

唐敏聪¹ 张卫强³ 谭莎² 唐洪辉³ 盘李军²

(1. 广东省龙眼洞林场, 广东广州 510520; 2. 佛山市云勇林场, 广东佛山 528518;
3. 广东省林业科学研究院 / 广东省森林培育与保护利用重点实验室, 广东广州 510520)

摘要 为探讨佛山市云勇森林公园风景林不同年龄乔木层树种生态位特征, 在造林后 11 a 和 16 a, 采用样方调查法, 调查记录样方内所有胸径 ≥ 5 cm 的林木组成、胸径、树高等生长指标, 运用苗木生长指标和生态位指数等, 研究样方内各树种不同年龄生态位特征, 结果表明: 大叶紫薇 *Lagerstroemia speciosa*、西南荷木 *Schima wallichii*、海南蒲桃 *Syzygium hainanense* 的苗木保存率, 树高、胸径生长量, 重要值和生态位宽度始终处于前列, 具有较好的生态适应性和较强的资源利用能力; 木荷 *Schima superba*、刺桐 *Erythrina variegata* 只在 11 a 之前具有较好的生态适应性, 随后呈急剧下降趋势; 而凤凰木 *Delonix regia*、红花羊蹄甲 *Bauhinia blakeana*、假苹婆 *Sterculia lanceolata* 生态适应性较差、生态位宽度较小, 资源利用能力较弱。11 a 与 16 a 生的风景林, 种对间生态位重叠指数的大于 0.5 占比高, 树种竞争剧烈, 群落极不稳定。

关键词 适应性; 生态位; 风景林; 乔木层树种; 佛山市

中图分类号: S715.54 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2022) 03-0073-07

Niche Characteristics of Arborous-layer Tree Species at different Ages in Yunyong Forest Park, Foshan City

TANG Mincong¹ ZHANG Weiqiang³ TAN Sha² TANG Honghui³
PAN Lijun²

(1. Longyandong Foerst Farm of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. Foshan Yunyong Forest Farm, Foshan, Guangdong 528518, China; 3. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract To explore the niche characteristics of arborous-layer tree species at different ages in the Yunyong Forest Park, Foshan city, a sampling survey was applied to investigate and record the tree composition, DBH and tree height of all the trees with DBH higher than 5 cm in the 11th and 16th year after afforestation. Indexes of growth and niche were used to study the niche characteristics of tree species at different ages. The results showed that: the indexes of preservation rate, tree height, DBH, importance value and niche width of the seedling of the special tree species *Lagerstroemia speciosa*, associated tree species *Schima wallichii* and *Syzygium cumini* were at the forefront, showing strong adaptability and competitive utilization ability of resources. *Schima superba* and *Erythrina indica* had good ecological adaptability only before 11 years and then showed a sharp downward trend. *Delonix regia*, *Bauhinia purpurea*, and *Sterculia lanceolata* exhibited negatively in ecological adaptability, niche

* 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2020KJCX007)。

第一作者: 唐敏聪 (1988—), 男, 工程师, 主要从事国有林场森林资源管理研究, E-mail: 287522017@qq.com。

通信作者: 盘李军 (1980—), 男, 高级工程师, 主要从事国有林场森林资源管理及生态景观构建研究, E-mail: 182833743@qq.com。

width, and resource utilization ability. In the 11- year and 16-year landscape forest, the niche overlapping index over 0.5 between pairs had larger proportions, along with fierce competition for resources and extremely unstable conditions of communities.

Key words adaptability; niche; scenic forest; arborous-layer tree species; Foshan city

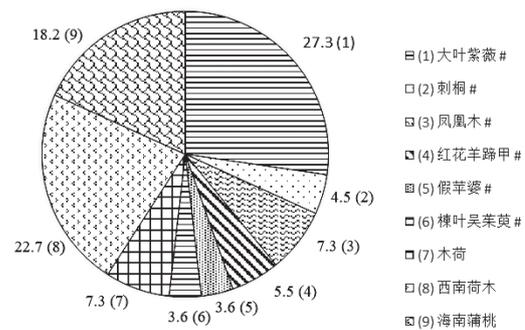
风景林是以发挥景观功能为主, 满足人们视觉及心理需求, 具有一定稳定性的人工或自然森林群落^[1]。自 1885 年德国林学家 V.Salisch 提出以来, 其发展经历了萌芽阶段 (18 世纪—1885 年)、形成阶段 (1885 年—20 世纪 70 年代初)、发展阶段 (20 世纪 70 年代后) 3 个阶段^[2]。我国的风景林研究起步稍晚, 成系统的研究见于 20 世纪 70 年代后期, 尤其是 90 年代, 我国引入城市森林概念后, 有众多学者围绕其外貌特质性, 应用林学、景观生态学和群落生态学等相关理论、方法, 在风景林规划设计^[3]、树种选择^[4-7]、营建模式^[8]、景观改造^[4]、经营技术^[8]、质量评价^[9-11]、群落结构特征^[7,12]等方面展开研究, 并取得可喜的成果, 对进一步推动风景林理论与实践探讨, 满足广大群众休闲、游憩需求和推动我国的生态文明建设起到非常积极的作用。但迄今为止, 从生态位角度分析风景林结构的特质性及群落稳定性报导尚少。生态位是指一个种群在自然生态系统中所占据的时空位置及功能关系, 是研究种群生态与群落生态的重要手段。通过生态位宽度、生态位重叠度、生态相似性等作为量化指标, 可定量地探索种群适应性, 或评价物种在有限的空间中, 种内、种间资源利用及竞争能力^[13-14], 近年来, 在野生物种与古树种群动态监测^[15-16]、物种的多样性保护^[17-19]、人工林营建与森林经营^[20-21]以及生态恢复工程^[22-23]等方面应用广泛。本研究通过对佛山市云勇森林公园风景林不同年龄乔木层树种生态位特征分析, 探讨风景林构建过程特色树种与伴生树种对环境资源的生态适应性以及种间竞争与共存关系, 旨在为相似区域营建特色鲜明、群落稳定的风景林提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于佛山市云勇森林公园风景游憩区的羊棚 (小地名), 面积约 35.8 hm², 属低山丘陵地貌。土壤为花岗岩风化发育而成的赤红壤, pH 为

5.5, 土层厚度 0.8~1.5 m, 富含有机质。年平均气温为 22 ℃, 年降雨量为 1 800~2 000 mm。该地块原种植树种为杉木, 于 2003 年底对其进行皆伐, 次年初更新造林。主要技术措施为采用环山水平清理种植带, 3.0 m×2.0 m 株行距布置植穴 (110 株/亩), 明穴整地, 植穴规格 50 cm×50 cm×40 cm, 下复合肥 0.15 kg/穴作基肥, 引入 6 种具红色系 (花、叶、果) 特色阔叶树种和 3 种地带性树种伴生造林, 苗高 60 cm、为营养袋苗, 各树种配植比例见图 1, 采用随机均匀混交种植, 造林后三年 5 次抚育, 并在抚育时保留单株粗壮的杉木 *Cunninghamia lanceolata* 萌芽条和原生潺槁木姜子 *Litsea glutinosa* 两种阔叶树种。造林后第 6 年林分开始郁闭, 经过多年经营形成以阔叶树为主的混交林。11 a 生林分郁闭度达到 0.7, 16 a 生林分郁闭度超过 0.8。



注: 树种拉丁学名及特色树种主要观赏特征: 大叶紫薇 *Lagerstroemia speciosa* 花紫红色、刺桐 *Erythrina variegata* 花红色、凤凰木 *Delonix regia* 花红色、红花羊蹄甲 *Bauhinia blakeana* 花红色、假苹婆 *Sterculia lanceolata* 果红色、椴叶吴茱萸 *Evodia glabrifolia* 秋冬季叶红色、木荷 *Schima superba*、西南木荷 *Schima wallichii*、海南蒲桃 *Syzygium hainanense*、杉木 *Cunninghamia lanceolata*、潺槁木姜子 *Litsea glutinosa*。图中数据标签后括号内编号对应图例树种; 图中树种名称后带“#”的为特色树种, 其他为伴生树种; 树种后带“*”的为保留的原生乡土树种, 未计入造林苗木保存率统计。

Note: Tree species with ‘#’ are characteristic tree species, and others are associated tree species. Tree species with ‘*’ are reserved native tree species, which are not counted in the statistics of seedling storage rate.

图 1 佛山市云勇森林公园树种配置比例

Fig.1 Species proportion in Yunyong park, Foshan city

1.2 样地设置与数据采集

在调阅佛山市云勇森林公园营造林资料和野外全面勘查改造地块的基础上,在该公园风景游憩区代表性风景林中,选择立地因子相近的4个林业小班(面积共计21.3 hm²),每一小班设置1个面积为20 m×20 m的固定标准样地,于2015年12月、2020年12月(造林后11 a和16 a),调查样方小班的林分郁闭度、林相特征和树种在林层分布状况,记录样方内乔木层中所有胸径(DBH)≥5 cm的林木组成、胸径、树高、冠幅和枝下高等生长指标。

1.3 数据处理

采用Excel 2013 进行数据分析。用Levins、Shannon生态位宽度公式和Pianka生态位重叠公式计算乔木层树种的生态位宽度和生态位重叠。

1.3.1 重要值 重要值(IV)=(相对多度+相对频率+相对优势度)/3

式中:相对多度(%)=100×(某个物种的株数/所有物种的总株数);相对频度(%)=100×(某个物种在统计样方中出现的次数/所有物种出现的总次数);相对优势度(%)=100×(某个物种的胸径/所有物种的胸径和)。

1.3.2 生态位宽度 Levins生态位宽度(B_L)公式:

$$B_{Li} = 1 / \sum_{j=1}^r P_{ij}^2$$

Shannon生态位宽度(B_S)公式:

$$B_S = - \sum_{j=1}^r P_{ij}^2 \ln P_{ij}$$

式中: $P_{ij} = n_{ij} / N_i$, n_{ij} 为种群*i*利用资源状态*j*的数量,本研究以种群*i*在第*j*样方的重要值表示; N_i 为种群*i*的总数量; r 为样方数。

1.3.3 生态位重叠 采用Pianka指数(N_{ik})测定主要种群的生态位重叠。

Pianka指数:

$$N_{ik} = \sum_{j=1}^r P_{ij} P_{kj} / \sqrt{\sum_{j=1}^r P_{ij}^2 \sum_{j=1}^r P_{kj}^2}$$

式中: N_{ik} 为物种*i*和*k*之间的生态位重叠指数。值域在[0, 1]之间,当 N_{ik} 为0时,表明两物种没有共同资源状态,生态位完全不重叠。 P_{ij} 为物种*i*利用资源状态*j*的个体数占该种个体总数的比例, P_{kj} 为物种*k*利用资源状态*j*的个体数占该

种个体总数的比例。

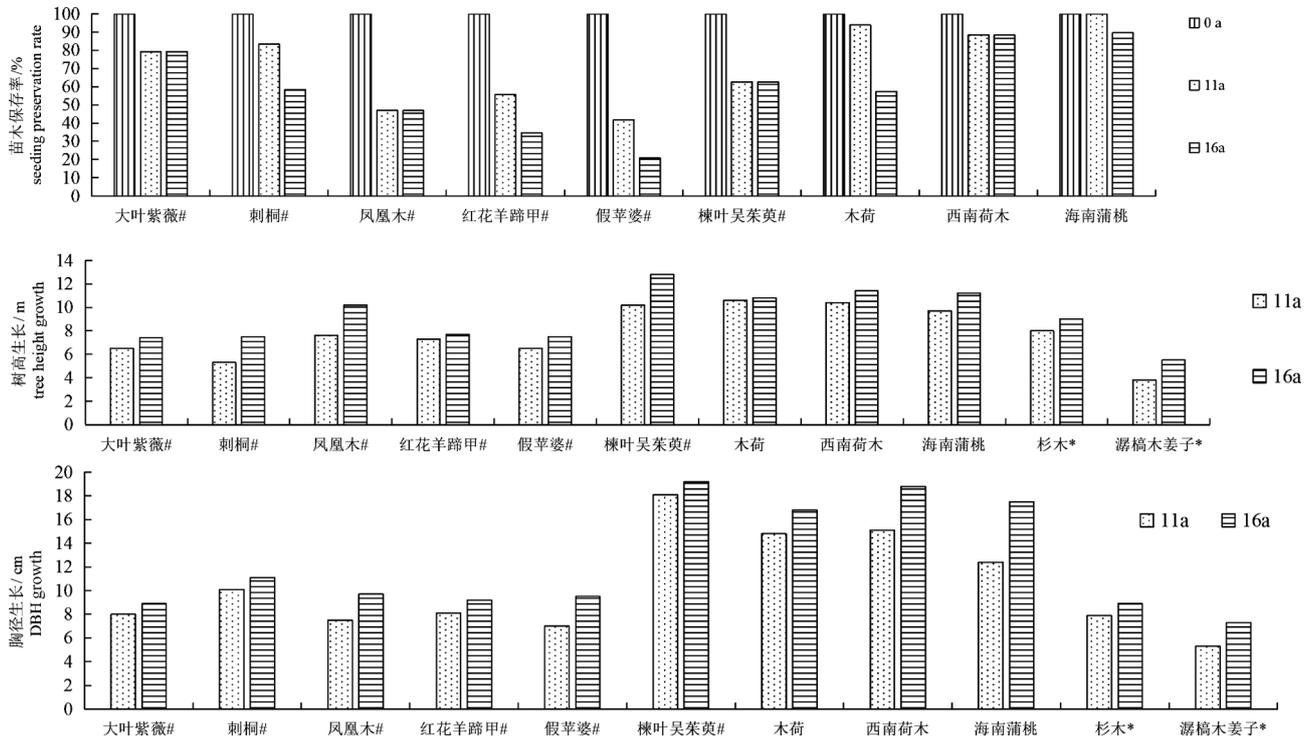
2 结果与分析

2.1 不同树种不同年龄在群落的生态适应性比较

人工林中的造林苗木保存率,树种高、径等生长指标可用来衡量树种对环境的生态适应能力^[24]。图2的分析结果表明:在风景林构建过程中,随着时间的推移,群落内单位面积苗木保存数量呈下降趋势,特色树种的保存率整体上低于伴生树种,但各树种不同年龄的保存数量,则因种而异。造林11 a,苗木保存率接近或大于80.0%的特色树种有大叶紫薇*Lagerstroemia speciosa*、刺桐*Erythrina variegata*,伴生树种则全部超过这一指标,保存率最低的是假苹婆*Sterculia lanceolata*,仅为41.7%。造林后16 a,只有大叶紫薇、西南荷木*Schima wallichii*和海南蒲桃*Syzygium hainanense*达到较高保存率,其它树种的保存率均下降到62.5%以下,下降最快的特色树种和伴生树种分别是刺桐和木荷,净下降率分别为38.9%和30.0%;这一时期,保存率最低的依旧是假苹婆,只有20.8%。比较两个年龄期的树种高、径生长指标(图2)发现:特色景观树种除棘叶吴茱萸*Euodia meliifolia*外,均处于相对较低的生长水平,垂直空间的林冠($H < 7.5$ m)处于亚林层,而伴生树种保持较好的生长势头,林冠($H > 10$ m)处于主林层,水平空间胸径分布上,也处于优势,两树种组的林木保存数量和林层结构和水平分布分析表明,该林分的特色树种没有发挥出应有的森林景观,林相特征表现不佳。

2.2 不同树种不同年龄的重要值及生态位宽度比较

重要值和生态位宽度均可反映物种在群落中的地位和作用,但二者在物种之间的表现方式略有不同,前者反映的是物种在群落中的优势度,体现每种植物在群落中的相对重要性及植物的适宜环境能力,后者则表示不同物种对环境资源的利用状况及生态适应幅度^[15]。表1的分析结果可知:在11 a、16 a时间节点,特色树种组和伴生树种组两者的重要值之和均保持在42%和58%,但各树种间存在变化,其中特色树种大叶紫薇、凤凰木的重要值呈上升趋势,并以前者净增长率达到17.9%而居首位,而其它树种则相反,呈下降趋势;伴生树种方面,只有西南荷木的重要值上升趋势,并以净增长率达到13.3%而居次席。另潺槁木姜子、假苹婆的



注：图中树种名称后带“#”的为特色树种，其他为伴生树种；树种后带“*”的为保留的原生乡土树种，未计入造林苗木保存率统计。

Note: Tree species with ‘#’ are characteristic tree species, and others are associated tree species. Tree species with ‘*’ are reserved native tree species, which are not counted in the statistics of seedling storage rate.

图2 佛山市云勇森林公园风景林调查样方内乔木层树种生长比较

Fig. 2 Growth of arborous-layer tree species in survey plots of scenic forest in Yunyong park, Foshan city

表1 佛山市云勇森林公园风景林树种不同年龄的重要值及生态位宽度

Tab.1 Important values and niche width of tree species at different ages of scenic forest in Yunyong park, Foshan city

树种类别 Tree species tory	树种 Tree species	11 a			16 a			后期与前期重要值比较	
		重要值 Important value	生态位宽度 B_L Niche width	生态位宽度 B_S Niche width	重要值 Important value	生态位宽度 B_L Niche width	生态位宽度 B_S Niche width	排位变化 Change of ranking	数值变化 /% Change of value
特色树种 Characteristic tree species	大叶紫薇	0.178	3.972	1.383	0.210	3.879	1.371	↑	17.9
	刺桐	0.056	2.806	1.061	0.048	2.834	0.716	↓	-15.0
	凤凰木	0.061	3.953	1.380	0.064	3.993	1.385	↑	6.0
	红花羊蹄甲	0.050	2.845	1.072	0.041	2.978	0.735	↓	-18.7
	假苹婆	0.020	1.000	0.000	0.014	1.968	0.000	↓	-29.9
	楝叶吴茱萸	0.052	2.983	0.000	0.050	1.997	0.000	↓	-2.2
	木荷	0.103	2.987	1.233	0.073	2.921	1.085	↓	-29.3
伴生树种 Associated tree species	西南荷木	0.215	3.710	1.349	0.244	3.658	1.341	↑	13.3
	海南蒲桃	0.185	3.610	1.331	0.182	3.753	1.354	↓	-1.6
	杉木	0.068	2.224	0.934	0.063	3.513	1.049	↓	-7.5
	潺槁木姜子	0.013	1.000	0.000	0.012	1.000	0.000	↓	-7.1

重要值则始终处于群落末端，均呈下降趋势，这可能与其苗木在群落的数量占有优势相关（图2）。

而在生态位宽度方面，各树种的生态位宽度指数值 B_L 与 B_S 虽有不同，但在群落中的排序位置大体一致（表1）。群落中 16 a 生各树种的 Levins 生态位宽度 (B_L) 总和值比 11 a 的大，表明群落中各树种利用环境资源的能力随着时间的推移在增长。从树种组分析，作为风景林构建中的特色树种大叶紫薇、刺桐、凤凰木、红花羊蹄甲等，其 11 a、16 a 的生态位宽度 (B_L) 之和均为 17.6，维持不变，但占比则从 56.5% 下降到 54.3%，呈缓慢下降趋势，表明该树种组适应与利用资源的能力在减弱；而伴生树种组木荷、西南木荷、海南蒲桃、以及原生保留的潺槁木姜子和萌芽杉木等 5 种树种则从 13.5 上升至 14.8，呈缓慢上升趋势。

势，表明该树种组适应与利用资源的能力在增强。就树种而言，物种为了获得更多的资源，也从未停止过竞争，凭借数量优势获得重要值较大的大叶紫薇、西南木荷、海南蒲桃，其 Levins 生态位宽度在 11 a、16 a 均达到 3.6 以上，位居前面；而处于群落亚林层的假苹婆、潺槁木姜子等树种，由于垂直空间被压制，水平空间数量不足，竞争力下降，利用资源的能力不断被削弱，导致其生态位宽度始终较小。

2.3 不同树种不同年龄的生态位重叠度比较

生态位重叠度可反映不同种群对环境资源利用能力的相似性及种群间所占据空间位置的交错程度，一定程度上可表明物种间资源利用的竞争关系，重叠度越大，两物种对资源利用性质越相似，反之亦然^[25]。表2的结果表明：在 11 a、16 a

表2 佛山市云勇森林公园风景林树种不同年龄的生态位重叠度

Tab.2 Degree of overlapping niche of tree species at different ages of scenic forest in Yunyong park, Foshan city

种名 Tree species	杉木	木荷	西南木荷	大叶紫薇	海南蒲桃	刺桐	凤凰木	红花羊蹄甲	假苹婆	楝叶吴茱萸
木荷	0.917 /0.657									
西南木荷	0.558 /0.265	0.768 /0.798								
大叶紫薇	0.703 /0.290	0.841 /0.769	0.977 /0.926							
海南蒲桃	0.530 /0.906	0.718 /0.905	0.988 /0.891	0.972 /0.953						
刺桐	0.880 /0.809	0.839 /0.533	0.682 /0.807	0.789 /0.856	0.632 /0.698					
凤凰木	0.781 /0.936	0.909 /0.857	0.952 /0.967	0.987 /0.981	0.927 /0.967	0.850 /0.833				
红花羊蹄甲	0.781 /0.895	0.677 /0.684	0.691 /0.697	0.813 /0.911	0.718 /0.900	0.873 /0.705	0.805 /0.846			
假苹婆	0.237 /0.700	0.308 /0.419	0.478 /0.536	0.461 /0.753	0.393 /0.618	0.662 /0.880	0.488 /0.675	0.467 /0.804		
楝叶吴茱萸	0.352 /0.429	0.494 /0.815	0.906 /0.716	0.882 /0.588	0.929 /0.631	0.597 /0.658	0.810 /0.710	0.745 /0.373	0.569 /0.450	
潺槁木姜子	0.345 /0.244	0.197 /0.685	0.421 /0.315	0.515 /0.425	0.538 /0.520	0.350 /0.465	0.420 /0.477	0.762 /0.507	0.000/ 0.612	0.629 /0.736
平均值	0.609 /0.613	0.639 /0.718	0.762 /0.732	0.774 /0.781	0.689 /0.722	0.666 /0.708	0.631 /0.677	0.658 /0.561	0.285 /0.531	0.629 /0.736

注：表中数值 A/B，A 为 11 a 生态位重叠度，B 为 16 a 生态位重叠度。大叶紫薇 *Lagerstroemia speciosa*、刺桐 *Erythrina variegata*、凤凰木 *Delonix regia*、红花羊蹄甲 *Bauhinia blakeana*、假苹婆 *Sterculia lanceolata*、楝叶吴茱萸 *Evodia glaberrifolia*、木荷 *Schima superba*、西南木荷 *Schima wallichii*、海南蒲桃 *Syzygium hainanense*、杉木 *Cunninghamia lanceolata*、潺槁木姜子 *Litsea glutinosa*。

Note: for the value of A/B in the table, A is the overlapping degree of niches in 11a and B is the overlapping degree of niches in 16 a.

两个时间节点,其物种间的生态位重叠度不同。11 a时,群落内生态位重叠度超过0.5的有40对,占总量的72.73%,其中特色树种间有12对,伴生树种间有7对,彼此之间有21对,最大种对的生态位重叠度来自特色树种凤凰木—大叶紫薇,达到0.987,最小的则来自伴生树种木荷—潺槁木姜子,仅为0.197;而与其他种群生态位重叠度超过0.5、占比达到90%的树种有大叶紫薇、刺桐、红花羊蹄甲和海南蒲桃4个种群,种群生态位重叠度较小的假苹婆和潺槁木姜子,与其它10个物种生态位重叠度大于0.5的也有3对和4对,分别达到30.0%和40.0%,说明这一时期群落内物种共存生长过程中存在相当大的竞争关系,并以特色树种间尤为突出。16 a时,与前期相比,群落内物种的竞争表现更加激烈。主要反映在生态位重叠度超过0.5的增至44种对,占种对总量的80.0%,其中特色树种间增至13对,比11 a增长了8.3%,特色树种和伴生树种之间增大至24对,增长了14.3%;种群间的生态位重叠度超过0.5、达到90%以上的树种,则在11 a基础上增加了凤凰木、木荷和西南木荷3个种群,而海南蒲桃与其它种群间的生态位重叠度超过0.5,竟达到100%。此外,种群间生态位重叠值较小的除潺槁木姜子外,假苹婆被杉木更替,两物种与其它10个物种生态位重叠度大于0.5的有6对和5对,分别占60.0%和50.0%。

3 讨论与结论

3.1 每种物种在生态系统中都存在反映物种地理分布和适宜生境的基础生态位和反映物种竞争情况下所占据的实际部分现实生态位^[26]。营建多树种混交的特色风景林,不单要考虑某一个树种特色及其本身的基础生态位,更多需要考虑的树种之间的共存与竞争,在只有确保群落稳定前提下,才能长期发挥其观赏价值。本研究中,由11种树种组成的风景林,除潺槁木姜子和杉木属于中性偏喜光树种外,其他9种树种均属于喜光偏阳性树种,生物学特性相近,对环境资源的喜好相同^[27]。因此,在资源充裕时,11种基础生态位近似的树种和谐共存。但当环境资源随着时间和空间变化而变得匮乏时,只有垂直空间上居林冠优势层、或水平空间上也占多数、生态位重叠高的物种,通过竞争可获得更多的生存及生长环境资

源,才能成为群落中现实生态位占优的物种。反之在群落的垂直空间位置及水平配置数量均处于劣势,而又没有及时进行人为环境资源调控,将会逐步被淘汰甚至死亡。这一点可从本研究中的两个时间节点,11种树种重要值、生态位宽度和生态位重叠等反映生态位特征的指数以及苗木保存率和树高、胸径生长指标排序上得到证实。其结论佐证了生态位宽度较大的物种对资源的利用更为充分,对环境具有更强的适应能力生态位理论,与潘高^[17-18,28,30]等众多学者的研究结果相同。另从群落稳定性上分析,资源匮乏时,树种间为获得有限的环境资源,往往表现为不对称性,只有生态位重叠高,群落竞争中处于优势的物种,会不断扩大空间,获取环境资源能力会越来越强;而生态位重叠低、生态适应性差或对环境资源竞争能力较弱的树种会不断被挤压,逐步丧失资源空间,最终导致的物种种群数量缩小、淘汰甚至死亡。这一点可从16 a比11 a的生态重叠度超过0.5的种对数量上仍处于上升趋势和各树种的生态适应性、生态位宽度的分析结果可以证实,其研究结论与李帅锋等人^[29]在季风常绿阔叶林恢复15年群落优势物种仍存在较强的资源利用性竞争的研究结论相同。

综上,通过对云勇森林公园风景林乔木层树种生态位特征分析认为,该风景林群落不稳定,树种处在剧烈竞争中;森林景观特色性展示度不足,大多特色树种处于亚林层,优势层伴生树种种群数量过多,严重影响了本风景林观赏质量。若要构建稳定而又具特色的风景林,应该通过森林抚育间伐,合理调控群落中的物种数量比例,尤其要腾出更多林冠空间,展示特色树种的景观效果。至于调控数量及比例,有待进一步研究。此外,通过本研究认为,在未来的风景林营建中,除应注意特色树种的景观特征外,更应注重伴生树种的生物学特性和伴生树种的是从属关系,而不能先宾夺主。

3.2 云勇森林公园风景林乔木层树种中特色树种大叶紫薇和伴生树种西南木荷、海南蒲桃自始至终具有较好的生态适应性和较大的生态位宽度,重要值处于前列,竞争利用资源的能力较强,可选作为风景林营建树种;木荷、刺桐只在11 a之前具有较好的生态适应性,应根据其生长需求,及时调控环境资源;而凤凰木、红花羊蹄甲、假

苹婆生态适应性较差、生态位宽度较小，竞争利用资源的能力较弱，若需要选用，需要加强环境资源的调控，为其创造更多的空间。11 a 生的风景林中，除假苹婆、潺槁木姜子外，其他 9 种树种对环境资源利用能力极为相似，物种间资源利用的竞争非常激烈，生态位重叠度极高，种对间的大于 0.5 的达到 40 对；而 16 a 生的风景林除潺槁木姜子外，其他 10 种物种为获得更多的环境资源，竞争更加激烈，种对间生态位重叠度的大于 0.5 的达到 44 对；两个时间节点的群落均不稳定，物种处于剧烈竞争中，16 a 生的风景林树种之间竞争程度高于 11 a。

参考文献

- [1] 周荣伍, 安玉涛, 马润国, 等. 风景林概念及其研究现状[J]. 林业科学, 2013, 49(8): 117-124.
- [2] 陈鑫峰, 沈国舫. 森林游憩的几个重要概念辨析[J]. 世界林业研究, 2000, 13(1): 69-76.
- [3] 孙冰, 尹光天, 廖绍波, 等. 深圳市生态风景林体系总体规划与布局研究[J]. 中国城市林业, 2004, 2(4): 8-11.
- [4] 唐洪辉, 赵庆, 杨洋, 等. 银叶金合欢在风景林改造中的应用[J]. 林业与环境科学, 2018, 34(6): 77-84.
- [5] 盘李军, 王明怀, 洗干标, 等. 云勇生态公益林树种选择及配置研究初报[J]. 广东林业科技, 2013, 29(5): 1-6.
- [6] 唐洪辉, 赵庆, 魏丹, 等. 珠海市典型区域生态景观林树种资源构建研究[J]. 广东林业科技, 2014, 30(3): 13-24.
- [7] 胡传伟, 孙冰, 庄梅梅, 等. 深圳羊台山近自然风景林树种组成与垂直结构[J]. 南京林业大学学报(自然科学版) 2010, 34(4): 112-116.
- [8] 余启新, 徐高福, 王昌鲜. 风景游憩林的可持续经营探究: 以千岛湖国家森林公园为例[J]. 绿色科技, 2016 (7): 4-7.
- [9] 陈建军. 风景游憩林景观评价研究进展[J]. 林业勘察设计, 2014 (1): 56-60.
- [10] 邓送求, 闫家锋, 关庆伟. 南京紫金山枫香风景林空间结构分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版) 2010, 34(4): 117-122.
- [11] 梅光义, 孙玉军, 王芳, 等. 基于ANP的杉木风景游憩林评价指标体系[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 33(2): 40-44.
- [12] 韦新良, 何莹. 生态景观林景观效果构成特性定量分析[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(6): 181-185.
- [13] 唐洪辉, 赵庆, 陈星澄, 等. 桉树不同采伐强度对新栽阔叶树种生态位及其生长量的影响[J]. 中南林业大学学报, 2021, 41(4): 101-110.
- [14] 孙红斌, 甘先华, 赵晴, 等. 深圳田头山自然保护区森林群落优势种生态位特征[J]. 林业与环境科学, 2022, 38(1): 75-86.
- [15] 谭凤霞, 罗静波, 龚森森, 等. 拆围后长湖水生植物多样性与生态位的研究[J]. 海洋湖沼通报, 2021 (2): 111-117.
- [16] 董冬, 许小天, 周志翔, 等. 安徽九华山风景区古树群落主要种群生态位的动态变化[J]. 生态学杂志, 2019, 38(5): 28-40.
- [17] 周海霞, 鲁延芳, 苗银. 不同封育年限对河西走廊中部荒漠植被群落生态位的研究[J]. 林业科技, 2020, 45(3): 32-36.
- [18] 林玥霏, 巫志龙, 周成军, 等. 采伐干扰下次生林灌木层主要树种的生态位动态[J]. 森林与环境学报, 2020, 40(1): 1-8.
- [19] 赵家豪, 叶钰倩, 陈斌等. 江西武夷山南方铁杉针阔混交林主要植物生态位特征[J]. 林业科学, 2021, 57(1): 191-199.
- [20] 汤景明, 孙拥康. 不同更新方式对常绿落叶阔叶混交林迹地主要树种生态位的影响[J]. 湖北林业科技 2017, 46(4): 1-5.
- [21] 贾晨, 张时林, 杨靖宇, 等. 四川地区杉木及其伴生阔叶树种生态适应性研究[J]. 四川林业科技, 2020, 41(4): 13-20.
- [22] 高上尧. 铁矿废弃地不同恢复模式主要植物种群生态位特征[J]. 亚热带水土保持, 2020, 32(1): 14-18.
- [23] 原野, 赵中秋, 白中科, 等. 安太堡露天煤矿不同复垦模式下草本植物优势种生态位[J]. 生态学杂志, 2016, 35(12): 3215-3222.
- [24] 梁德明, 唐洪辉, 赵庆, 等. 城市森林生态景观建设优良树种评价模型构建方法初探[J]. 广东林业科技, 2014, 30(4): 22-27.
- [25] 简尊吉, 马凡强, 郭泉水, 等. 三峡水库峡谷地貌区消落带优势植物种群生态位[J]. 生态学杂志. 2017, 36(2): 328-334.
- [26] 董建文. 福建中、南亚热带风景游憩林构建基础研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [27] 张方秋, 李小川, 潘文, 等. 广东生态景观树种栽培技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2012: 89-332.
- [28] 潘高, 张合平, 潘登. 湖南青羊湖国家森林公园针阔混交林主要种群生态位特征[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(2): 69-75.
- [29] 李帅锋, 刘万德, 苏建荣, 等. 季风常绿阔叶林不同恢复阶段乔木优势种群生态位和种间联结[J]. 生态学杂志, 2011, 30(3): 508-515.
- [30] 徐凤玲, 刘小军, 马建全, 等. 桥山林区不同坡向麻栎林种群生态位特征分析[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(5): 38-43.