

广州市石门国家森林公园彩叶林树种组成及色相变化

陈勇 李嘉杰 赵志刚 孟诗原 陈婉颖 刘兴跃

(广州市林业和园林科学研究院/广东广州国家城市林业科技示范园区)

摘要:【目的】探究广州市彩叶林树种组成以及色相变化,并持续观测不同彩叶林的季相变化,为彩叶林营建提供理论依据。【方法】本文通过对石门国家森林公园内5块彩叶林进行样地调查,并且应用无人机对彩叶林进行跟踪拍摄,量化图像色彩,以定性和定量相结合的方法研究其彩叶林树种组成、色相变化特征。【结果】石门国家森林公园的彩叶林乔木树种比较丰富,共24科35属51种,以樟科、大戟科、漆树科、蔷薇科乔木为主;按色系分类,有红叶乔木、黄叶乔木、常绿乔木、白色叶乔木;按叶色呈现时期分类,有常绿乔木、春色叶乔木、秋色叶乔木、新叶有色叶乔木、双色叶乔木。彩叶林的色彩季相变化较明显,春夏季为绿叶期,秋冬季为彩叶期,彩叶期从11月上旬开始至第二年的3月中旬结束;彩叶林的最佳观赏期在12月下旬,前后持续30d,游客在此期间出行可以观赏到色彩丰富、层次明显的多彩森林景观。【结论】石门国家森林公园的彩叶林乔木树种比较丰富,色彩季相变化较明显,春夏季为绿叶期,秋冬季为彩叶期,彩叶林的最佳观赏期在12月下旬,本研究可以为彩叶林的经营提供一些理论参考。

关键词: 彩叶林; 彩叶乔木; 色彩量化; 最佳观赏期

doi: 中图分类号: 文献标识码: 文章编号:

Composition of Trees and Variation of Color of Colorful Forest in Shimen National Forest Park

¹CHEN Yong, LI Jiajie, ZHAO ZHigang, MENG Shiyuan, CHEN Wanying, LIU Xingyue

(Guangzhou Institute of Forestry and Landscape Architecture/Guangdong Guangzhou National Urban Forestry Science and Technology Demonstration Park, Guangzhou 510405, China)

Abstract: 【Objective】 To investigate composition of the species and colour phase changes of colourful forests in Guangzhou, and to continuously observe the seasonal changes of different colourful forests to provide a theoretical basis for the establishment of colour forests. 【Method】 In this paper, unmanned aerial vehicle (UAV) is used to track and shoot 5 colourful landscape forests in Shimen National Forest Park, and the image color is quantified. The qualitative and quantitative methods are used to study the status quo and changing characteristics of color attributes. 【Result】 The results show that there are 51 species of trees in 24 families and 35 genera in the Shimeng National Forest Park, mainly trees of the Camphoraceae, Euphorbiaceae, Lacertidae and Rosaceae families; the trees are classified as red-leaved trees, yellow-leaved trees, evergreen trees and white-leaved trees; the trees are classified as evergreen trees, spring-leaved trees, autumn-leaved trees, new-leaved trees and double-leaved trees by the period of leaf colour presentation. The colors of the colourful landscape forests in the Shimeng National Forest Park change distinctly in different seasons, and the color saturation and brightness fall in the middle range. Spring and summer are green leaf periods in which green is the dominating color, while autumn and winter are the color leaf periods. The best viewing period of colourful landscape forest is in the late of December and will last about 30 days. Tourists should travel to view the landscape with rich leaf colors and evident color layers. 【Conclusion】 This study would provide reference for colourful landscape forest configuration.

Key words: Color-leafed forest; Color-leafed plants; color quantization; best viewing period

¹ 收稿日期:

□ 基金项目: 广东省林业科技创新项目(2021KJCX017)。

第一作者: 陈勇(1978-), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向为城市林业和观赏植物种质资源收集与新品种选育。 E-mail: 109072331@qq.com。

彩叶林是指彩叶植物相对成片集中分布,具有较高的观赏游憩价值等多重利用价值的森林。彩叶林不仅具有涵养水源、净化大气、保持水土等森林生态系统服务功能,它还具有自身独特的魅力——景观美学价值,观赏价值成为彩叶林最具代表性的特征(何方永,2016)。色彩在视觉景观中的表现不是单一的,常常由多种色相、饱和度和明度所决定(Tkalcic et al., 2003)。

色彩信息的采集和记录是森林色彩研究的基础,以往研究中色彩的采集通常使用比色卡、色彩仪或数码相机来实现(Villafuerte et al., 1998; Macfarlane et al., 2012),其中,通过比色卡获得的色彩信息主观性较强,色彩仪适用于对大量色彩数据进行采集,但其精度不高,数码相机则适合于对大面积的景观色彩进行采集(Kendal et al., 2013; 张凯旋等, 2012),但是在利用数码相机对大面积色彩取景时,容易受到前景近景等干扰,不同景观照片中近景干扰程度不同,近景的色彩占比必然会增加,从而影响照片中的各项色彩指数。以往研究通常使用 Photoshop 等提色软件来记录色彩的 RGB 值(郑宇等, 2016),但 RGB 三分量值无规律可寻,无法从人眼视觉感知特点上反映彩叶林多样且复杂的色彩构成(张小晶等, 2020)。采用何种颜色模式,如何划分色彩的阈值区间,是色彩量化中复杂的研究难题(张小晶等, 2020)。为解决以上问题,本研究使用无人机拍摄手段获取低空尺度下的群落景观照片,采用适合人眼视觉特点的 HSB 颜色模式划分色彩阈值区间,通过 ColorImpact 软件提取景观图像中的色彩。

景观质量的高低会影响游客的体验,从而影响地区的旅游潜力(Clay et al., 2000)。广东省广州市石门国家森林公园是我国第一家经林业部批准的国际森林浴场,是一个集自然景观、人文景观、森林保健功能于一体的生态型公园,其素有“广州香山”之称,公园内红叶林共有 3000 多亩,以枫香树、山乌柏和槭树为主,每到秋冬季节都会有大量游客前来观赏,人们不觉感叹:“要赏红叶石门有,何须千里香山寻?”本研究区域选择在石门国家森林公园,根据研究区森林景观观赏特点,以山地森林的外貌为研究对象,控制其他景观要素(如水元素、道路、景观亭等),通过无人机进行监测,并进行群落调查、室内彩色图像解译分析、色彩量化等,以定性和定量相结合的方法研究其树种组成、色彩属性现状及变化特征,以期对石门国家森林公园彩叶林的经营及景观美景质量的提升提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

石门国家森林公园位于广东省广州市从化东北部,北回归线北缘,地处北纬 23°36'50"-23°39'20"、东经 113°46'16"-113°49'17",总面积 2 636 hm²,最高峰天堂顶海拔 1 210 m,森林覆盖率达 95.1%。该公园属南亚热带季风气候类型,冬暖夏凉,年平均温度 21.4 ℃,7-8 月平均最高气温 28.5 ℃,1-2 月平均最低气温 12.4 ℃。降水量充沛,年平均降水量 1 800mm,主要集中在 5-8 月份,相对湿度达 85%以上,水热条件良好,利于植物的生长。土壤条件良好,随着海拔不同分布着山地红壤、赤红壤、黄壤、草甸土 4 种类型。该森林公园植被可分为山地常绿阔叶林、亚热带常绿阔叶林、亚热带常绿与落叶阔叶混交林、常绿阔叶山顶矮林、亚热带针叶林、亚热带针阔混交林、竹林、人工经济林等 8 种群落类型。(易绮斐等, 2008)

1.2 研究方法

1.2.1 样地调查

2021-2022 年,在对石门国家森林公园全面踏查的基础上,采用典型取样法,共设置 5 个 1 200 m² 的样地;将样地分成 12 个 10 m×10m 的小样方,将株高 3.0 m 以上的植株记为乔木,调查其种名、胸径、树高、叶色、生长状况。环境因子记录经纬度、海拔、坡位、坡度、坡向、土壤状况等。

1.2.2 照片的拍摄与选取

本研究在 2021 年 11 月下旬(T1)、2021 年 12 月上旬(T2)、2021 年 12 月下旬(T3)、2022 年 1 月中旬(T4)、2022 年 2 月下旬(T5)、2022 年 3 月中旬(T6)、2022 年 4 月上旬(T7)、2022 年 5 月中旬(T8),利用大疆无人机对 5 个彩叶林样地进行拍摄,共获取 40 张景观照片。由于拍摄受外界因子影响较

大，为使景观之间具有较好的可比性，拍摄遵循以下原则:1) 尽量避免能见度、光照强度、光线方向等外在因素的影响; 2) 拍摄高度为样地中心上空 50 m，拍摄角度为垂直样地坡面。

1.2.3 室内图像的解译

运用 Colorimpact 软件对拍摄的照片进行色彩量化(详见式(1), 图1), 采用 HSB 颜色模式(赵秋月等, 2018)(色相, Hue, H; 饱和度, Saturation, S; 明度, Brightness), 将 H、S、B 分量分别做 8 级、4 级、4 级的非等隔均匀量, 得到 128 种色彩。其中色相值 H 的取值范围为 0°-360°, 纯度值 S 的取值范围为 0-1, 明度值 B 的取值范围为 0-1(张小晶等, 2020)。

$$\begin{aligned}
 H &= \begin{cases} 0, & 0,315 \leq h \leq 360 \text{ 或 } 0 \leq h < 23(\text{红}) \\ 1, & 23 \leq h < 50(\text{橙}) \\ 2, & 50 \leq h < 75(\text{黄}) \\ 3, & 75 \leq h < 150(\text{绿}) \\ 4, & 155 \leq h < 195(\text{青}) \\ 5, & 195 \leq h < 275(\text{蓝}) \\ 6, & 275 \leq h < 290(\text{紫}) \\ 7, & 290 \leq h < 315(\text{紫红}) \end{cases} \\
 S &= \begin{cases} 0, & 0,0 \leq s < 0.15 \text{ (极低饱和度)} \\ 1, & 0.15 \leq s < 0.4 \text{ (低饱和度)} \\ 2, & 0.4 \leq s < 0.75 \text{ (中饱和度)} \\ 3, & 0.75 \leq s < 1 \text{ (高饱和度)} \end{cases} \\
 B &= \begin{cases} 0, & 0,0 \leq b < 0.15 \text{ (极低明度)} \\ 1, & 0.15 \leq b < 0.4 \text{ (低明度)} \\ 2, & 0.4 \leq b < 0.75 \text{ (中明度)} \\ 3, & 0.75 \leq b < 1 \text{ (高明度)} \end{cases}
 \end{aligned} \tag{1}$$

式中: H 为色相, 取值范围[0, 360]; S 为饱和度, 取值范围[0, 1]; B 为明度, 取值范围[0, 1]。

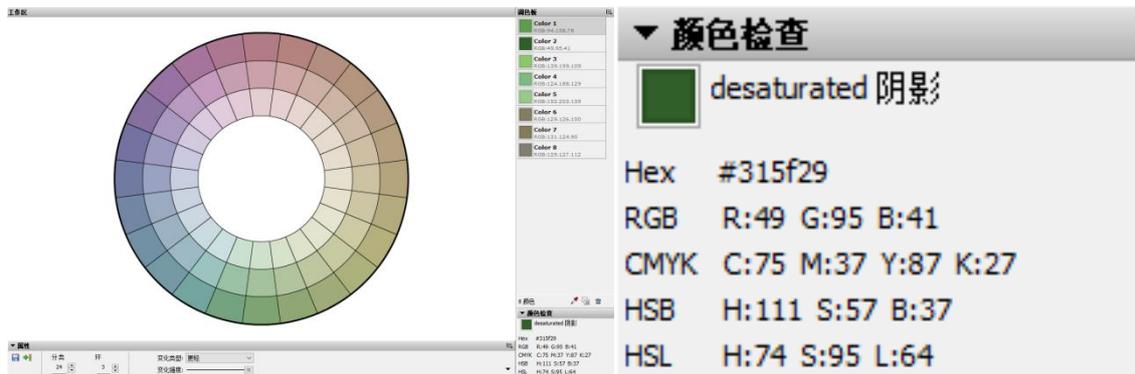


图 1 Colorimpact 色彩量化操作

2 结果与分析

2.1 彩叶林乔木种类组成

石门森林公园的彩叶林乔木共 24 科 35 属 51 种(表 1), 以樟科、大戟科、漆树科、蔷薇科乔木为主, 其中樟科 8 种, 占 15.69%; 大戟科 5 种, 占 9.80%; 漆树科 5 种, 占 9.80%; 蔷薇科 4 种, 占 7.84%;

按色系分类统计常绿乔木 9 种、红叶乔木 31 种、黄叶乔木 14 种、双色叶乔木 3 种；按叶色呈现时期分类统计常绿乔木 9 种、春色叶乔木 10 种、秋色叶乔木 22 种、新叶有色叶乔木 9 种。

表 1 彩叶林乔木科、属、种一览表

科名 Family name	属数 Genera	种数 Species	占 (%)
樟科	4	8	15.69
大戟科	4	5	9.80
漆树科	3	5	9.80
蔷薇科	2	4	7.84
山茶科	2	2	3.92
五列木科	2	2	3.92
杜英科	1	3	5.88
木兰科	1	3	5.88
芸香科	1	3	5.88
楝科	1	2	3.92
安息香科	1	1	1.96
柏科	1	1	1.96
虎皮楠科	1	1	1.96
金缕梅科	1	1	1.96
金丝桃科	1	1	1.96
壳斗科	1	1	1.96
苦木科	1	1	1.96
千屈菜科	1	1	1.96
清风藤科	1	1	1.96
桑科	1	1	1.96
山茱萸科	1	1	1.96
省沽油科	1	1	1.96
柿科	1	1	1.96
无患子科	1	1	1.96
合计	35	51	100.00

2.2 彩叶乔木的分类

调查分析表明，石门森林公园彩叶林彩叶乔木种类较多、色彩比较丰富。按叶色的色系可以分为红叶乔木、黄叶乔木、白叶乔木、常绿乔木和双色叶乔木；根据乔木叶片变色阶段可以分为 3 类：嫩叶类彩叶乔木、老叶类彩叶乔木和常色类彩叶乔木，如嫩叶类彩叶乔木有华润楠、红楠等，老叶类彩叶乔木有枫香、楝叶吴茱萸、山乌桕等；按叶色呈现时期及色彩在叶面上的分布特征，可分为春色叶乔木、秋色叶乔木、新叶有色叶乔木、常绿乔木、双色叶乔木和斑色叶乔木等 6 类。

2.2.1 按叶色的色系分类

(1) 红叶乔木 主要指叶片在整个生长期或常年呈现不同红色的乔木，其色彩鲜艳，给人一种朝气蓬勃的精神。石门森林公园有 31 种，主要有枫香、黄樟、红楠、苦木、香椿、红椿等。

(2) 黄叶乔木 石门森林公园有秋色叶乔木 14 种，有芸香科、金缕梅科、山茱萸科和樟科，如楝叶吴茱萸、枫香、八角枫、黄樟、山苍子等。

(3) 常绿乔木 指叶片在整个生长期或常年呈现绿色的乔木。石门森林公园有 9 种，如杉木、深山含笑、黄毛榕等。

(4) 白叶乔木 石门森林公园有秋叶乔木 3 种，如白楸、深山含笑、锥等。

2.2.2 按叶色呈现时期及色彩在叶面上的分布特征分类

(1) 春色叶乔木 主要指春季新发出来的嫩叶有显著不同绿色的乔木，石门森林公园有 10 种，主要有樟树、枫香、石斑木、中华石楠、闽粤石楠、石楠、樟叶泡花树等。

(2) 秋色叶乔木 指凡在秋冬季节期间，树木叶子颜色有显著变化的乔木。尽管所有的落叶树种在秋季都有叶色变化，但色泽不佳或持续时间短，使其观赏价位降低，不宜称为秋色叶乔木。秋色叶乔木主要为落叶树，但少数常绿树种秋叶艳丽也可作为秋色树种应用。石门森林公园有秋叶乔木 22 种，有漆树科、大戟科、芸香科、金缕梅科乔木等，如野漆、三角槭、岭南槭、鸡爪槭山、乌桕、楝叶吴茱萸、枫香等。

(3) 新叶有色叶乔木 在石门森林公园有许多常绿树的新叶不限于在春季发生，在夏季甚至秋季也有新叶抽生，对于这种发生的新叶有美丽色彩宛若开花效果的种类统称为新叶有色叶乔木。石门森林公园有新叶有色叶乔木 9 种，以樟科乔木为主，如红楠、华润楠、短序润楠、浙江润楠华润楠、黄樟、樟等。

(4) 常绿乔木 指叶片在整个生长期或常年呈现绿色的乔木。石门森林公园有 9 种，如杉木、深山含笑、黄毛榕等。

(5) 双色叶乔木 指叶背与叶表的颜色不同，且叶背易于观赏的乔木。石门森林公园有 3 种，如白楸、锥、深山含笑等。

2.3 彩叶林色彩的变化特征

2.3.1 彩叶林色彩属性的分布

通过 Colorimpact 划分色彩分布范围(表 2)可知，石门国家森林公园彩叶林的色彩季相变化明显(图 2)，其中色相覆盖范围广(22°~353°)，包含 8 个色相，以绿色系(H3)为主，其次为黄色系(H2)、橙色系(H1)、红色系(H0)(如图 3)。



图 2 彩叶林样地航拍图

石门国家森林公园彩叶林的色彩饱和度和明度均集中在中间等级(如图 4、图 5)，取值范围 2-92。石门国家森林公园彩叶林的绿色色彩占比高达 82%(图 3)；石门国家森林公园彩叶林中的绿色占比(H3) > 黄色占比(H2) > 橙色占比(H1) > 红色占比(H0) > 其他。

表 2 色彩要素分布范围

	色相 (H)	饱和度 (S)	明度 (B)
最大值	353	66	92
最小值	22	2	20
平均值	112.97	30.64	57.59



图3 色彩分布

注：H0—红色占比；H1—橙色占比；H2—黄色占比；H3—绿色占比；H4—青色占比；H5—蓝色占比；H6—紫色占比；H7—紫红色占比。

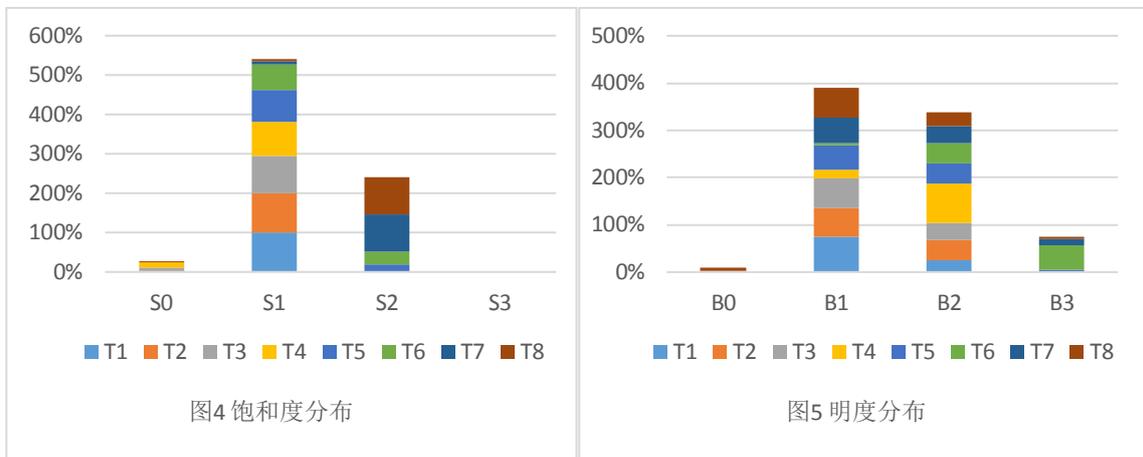


图4 饱和度分布

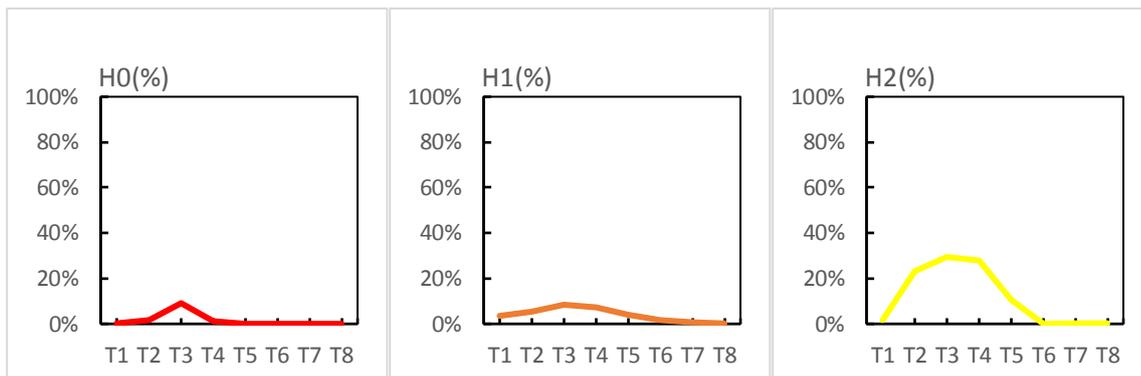
图5 明度分布

注：S0—极低饱和度占比；S1—低饱和度占比；S2—中饱和度占比；S3—高饱和度占比；B0—极低明度占比；B1—低明度占比；B2—中明度占比；B3—高明度占比；下同。

2.3.2 彩叶林色相变化特征

通过色相变化曲线（如图6）可以看出，从11月下旬开始，H0、H1和H2呈现先增加后减少的趋势，在12月下旬（T3）达到最大值，分别为9.10%、8.42%、29.45%。较H1、H2而言，H0于12月下旬至1月中旬呈现急剧下降，后趋于0%。H1、H2则于12月下旬至3月中旬呈平缓下降趋势。

对H3而言，总体呈现下降—上升—平稳的趋势。11月下旬到12月下旬呈现较大降幅，下降41.74%。12月下旬到3月中旬呈现上升趋势，上升45.65%，3月中旬呈现平稳趋势，稳定在98.50%左右。H4、H5、H6、H7、无明显波动。



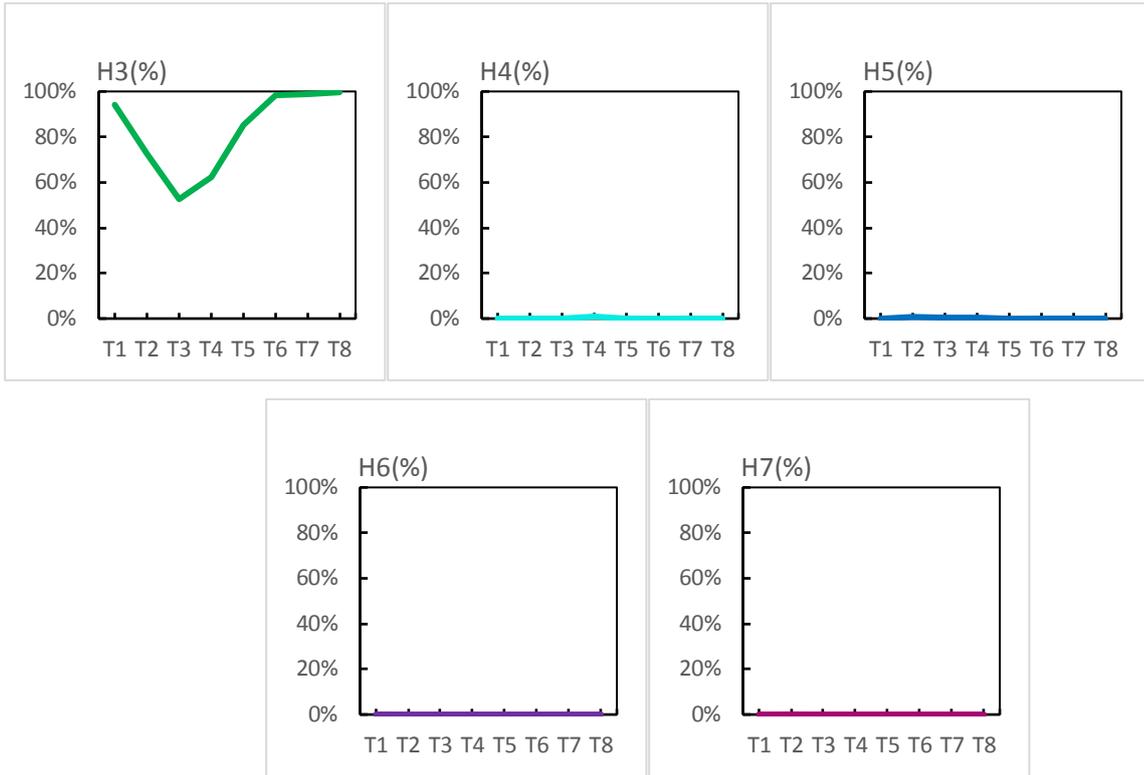


图 6 色相变化曲线

注：T1为2021年11月下旬、T2为2021年12月上旬、T3为2021年12月下旬、T4为2022年1月中旬、T5为2022年2月下旬、T62022年3月中旬、T7为2022年4月上旬、T8为2022年5月中旬。

2.3.3 彩叶林饱和度和明度变化特征

随着时间的推移，饱和度和明度的波动幅度较大（图 7）。11 月下旬至 12 月下旬 S0、S1 平缓增加，而 S0 于 12 月下旬至 1 月中旬上升至最大值 13.29%后急剧下降至 0%；S1 则 12 月上旬开始一路下降，由 99.48%下降至 4.74%。S2 于 1 月中旬开始上升至 95.13%。S3 无波动。

2 月下旬前，B0、B3 均无明显变化，4 月上旬后，B0 缓慢上升，B3 于 1 月中旬开始上升，至 3 月中旬达到最大值 52.90%后持续下降；B1 呈现出下降—上升—下降—上升—下降—上升的趋势，B2 则呈现出与 B1 截然相反的变化曲线，先上升—下降—上升—下降—平稳—下降。

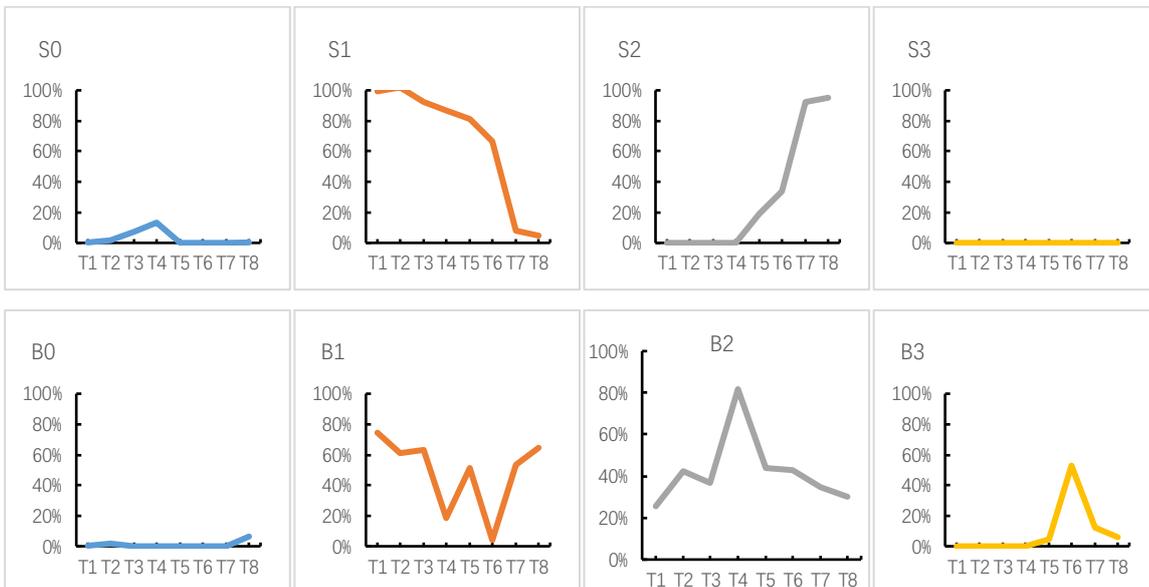


图 7 饱和度和明度变化曲线

3 结论

石门国家森林公园的彩叶林乔木树种比较丰富,共 24 科 35 属 51 种,以樟科、大戟科、漆树科、蔷薇科乔木为主;按色系分类统计,有红叶乔木、黄叶乔木、常绿乔木、白色叶乔木;按叶色呈现时期分类统计,有常绿乔木、春色叶乔木、秋色叶乔木、新叶有色叶乔木、双色叶乔木。彩叶林的色彩季相变化较明显,春夏季为绿叶期,秋冬季为彩叶期,彩叶期从 11 月上旬开始至第二年的 3 月中旬结束;在整个彩叶期,游客出行观赏彩叶彩叶林的最佳时期初步分析为 12 月下旬。

4 讨论

4.1 无人机拍摄的优缺点

无人机影像作为景观样本已经被大量运用于各研究领域(张小晶等,2020;张小晶等,2021)。本文的研究对象为彩叶林的叶色,使用传统相机拍摄时会使近景占比增大,从而影响整体景观中色彩特征指数的准确度。本研究采用无人机高空摄影采集彩叶林图像,不仅可以获取大面积的景观,也能避免近景的干扰,同时还保证了样本间的可比较性。但无人机拍摄极易受到降雨、大雾等天气因素的影响,拍摄条件难统一。

4.2 色彩特征变化

石门国家森林公园彩叶林春季的色彩主要集中在绿色系,虽归属于绿色系,但由于饱和度和明度的不同,使其涵盖了绿色中的深绿、中绿、浅绿,不显单调乏味。该区植物色彩饱和度和明度处于中间等级,主要是由于枫香等落叶乔木长出新叶,呈现浅绿色。时间进入秋季后,随着气候因素的变化,石门国家森林公园彩叶林逐渐形成红橙黄等色彩斑斓的彩叶景观,视觉景观中红、橙、黄 3 色与绿色形成鲜明的对比,具有强烈的视觉效应(庄梅梅,2011;秦一心等,2016)。

4.3 最佳观赏期

色相在色环上距离的远近决定着色相对比的强弱,色相间距离越长,对比效果越强烈醒目(刘晓兰,2012)。石门国家森林公园彩叶林的色彩季相变化较明显,春夏季为绿叶期,秋冬季为彩叶期,彩叶期从 11 月上旬开始至第二年的 3 月上旬结束;在整个彩叶期,游客出行观赏彩叶彩叶林的最佳时期初步分析为 12 月下旬。

参考文献:

- 何方永. 光雾山彩叶林旅游生态系统服务功能价值评估. 四川林业科技, 2016, 37(4): 47-51.
- 刘晓兰. 生态园林建设中植物造景与色彩的运用[J]. 中国林业, 2012(3): 29.
- 秦一心, 方亮, 张龙, 等. 森林色彩三要素独立变化对观赏效应的影响[J]. 中国城市林业, 2016, 14(3): 26-32.
- 易绮斐, 成夏岚, 曾庆文等. 广州石门国家森林公园彩叶植物调查研究. 福建林业科技, 2008, 35(1): 112-116, 124.
- 张凯旋, 凌焕然, 达良俊. 上海环城林带景观美学评价及优化策略. 生态学报, 2012, 32(17): 5521-5531.
- 张小晶, 陈娟, 李巧玉等. 基于视觉特性的川西亚高山秋季景观林色彩量化及景观美学质量评价. 应用生态学报. 2020, 31(1): 45-54.
- 张小晶, 李巧玉, 陈娟等. 基于无人机影像的四川米亚罗景区彩叶景观林色彩特征变化. 中国城市林业, 2021, 19(6): 41-47.
- 赵秋月, 刘健, 余坤勇等. 基于 SBE 法和植物组合色彩量化分析的公园植物配置研究. 西北林学院学报. 2018, 33(5): 245-251.
- 郑宇, 张炜琪, 吴倩楠, 等. 陕西金丝大峡谷国家森林公园秋季景观林色彩量化研究. 西北林学院学报, 2016, 31(3): 275-280.
- 庄梅梅. 深圳梧桐山植被景观色彩研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2011.
- Clay GR, Daniel TC. Scenic landscape assessment: The effects of land management jurisdiction on public perception of scenic beauty. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 49: 1-13.
- Tkalcic M, Tasic J F. Colour spaces: Perceptual, historical and applicational background[C] // Eurocon Computer as A Tool the IEEE Region. IEEE, 2003, 2: 370-374.
- Kendal D, Hauser CE, Garrard GE, et al. Quantifying plant colour and colour difference as perceived by humans using digital images. *PLoS One*, 2013, 8(8): e72296.
- Macfarlane C, Ogden GN. Automated estimation of foliage cover in forest understorey from digital nadir images. *Methods in Ecology and Evolution*, 2012, 3: 405-415.
- Villafuerte R, Negro JJ. Digital imaging for color measurement in ecological research. *Ecology Letters*, 1998, 1: 151-154.