

抚育对次生常绿阔叶林群落结构及目的树种生长的影响

邓国右¹, 石从广², 许在恩³, 赖平峰⁴, 唐旭⁵, 王相⁶, 姚丰平⁷,
周振琪¹, 周晨⁸, 何庆海², 胡亚芬⁹

(1. 建德市森林资源和自然保护地保护中心, 浙江 建德 311600; 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023;
3. 建德市林业局, 浙江 建德 311600; 4. 建德市洋溪街道办事处, 浙江 建德 311607; 5. 建德市林业总场, 浙江 建德 311600;
6. 建德市莲花镇事业综合服务中心, 浙江 建德 311618; 7. 庆元林场, 浙江 庆元 323805; 8. 建德市林丰林业勘察设计有限公司,
浙江 建德 311600; 9. 杭州市林业科学研究院, 浙江 杭州 310022)

摘要: 2016年8月, 在浙江建德市以苦槠 *Castanopsis sclerophylla* 和柯 *Lithocarpus glaber* 为建群树种的次生常绿阔叶林(封育33 a)中, 建立2个100 m×100 m样地进行人工经营, 采取一次性抚育和未抚育2种方式进行大径材培育试验, 以RTK定位技术设置16个25 m×25 m的单元格样地, 2021年8月, 采用固定样地法调查抚育和未抚育样地的物种组成及群落结构, 并利用独立样本t检验分析差异。结果表明, 在抚育样地中共调查到53科86属100种植物, 在未抚育样地中共调查到39科60属71种植物, 抚育样地内科、属、种的数量较未抚育样地分别提升35.90%、43.33%和40.85%, 目的树种苦槠和柯的平均重要值在乔木层排名靠前; 抚育措施显著提升了抚育样地内的草本层、灌木层和藤本植物的物种丰富度($P<0.05$), 显著降低乔木层的物种丰富度($P<0.05$), 而Shannon-Wiener多样性指数和Simpson多样性指数在抚育和未抚育样地间乔木层、灌木层和藤本植物均没有显著性变化; 与未抚育样地相比, 抚育样地中的目的树种苦槠和柯在群落间的竞争能力有所提升, 乔木层和灌木层的多度占比略有提升, 树高、胸径、枝下高和冠幅也有显著的提升($P<0.05$)。以上结果表明, 抚育措施可减小林分郁闭度至合理区间, 提高群落物种丰富度, 保持群落结构稳定, 提高目的树种在乔木层的数量占比, 使其获得良好的生长空间, 从而提升目的树种在群落中的竞争优势。

关键词: 大径材培育; 次生常绿阔叶林; 苦槠; 柯; 物种组成; 多样性指数

中图分类号: S718.54

文献标识码: A

文章编号: 1001-3776(2023)06-0072-010

Effect of Tending on Community Structure and Target Tree Growth of Secondary Evergreen Broad-leaved Forest

DENG Guoyou¹, SHI Congguang², XU Zai'en³, LAI Pingfeng⁴, TANG Xu⁵, WANG Xiang⁶, YAO Fengping⁷, ZHOU Zhenqi¹,
ZHOU Chen⁸, HE Qinghai², HU Yafeng⁹

(1. Jiande Forest Resources and Nature Reserve Protection Center of Zhejiang, Jiande 311600, China; 2. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China; 3. Jiande Forestry Bureau of Zhejiang, Jiande 311600, China; 4. Jiande Yangxi Street Office of Zhejiang, Jiande 311607, China;
5. Jiande Forestry Farm of Zhejiang, Jiande 311600, China; 6. Jiande Lianhua Township Service of Zhejiang, Jiande 311618, China; 7. Qingyuan Forest Farm of Zhejiang, Qingyuan 323800, China; 8. Jiande Linfeng Forestry Survey & Design Co., Ltd, Jiande 311600, China;
9. Hangzhou Academy of Forestry, Hangzhou 310022, China)

收稿日期: 2023-04-10; 修回日期: 2023-10-28

基金项目: 浙江省级林业专项(浙林规(2021)9号)

作者简介: 邓国右, 工程师, 从事森林经营与管理研究; E-mail:18068910772@163.com。通信作者: 胡亚芬, 高级工程师, 从事森林培育及林木种苗技术研究; E-mail:404517317@qq.com。

Abstract: In August 2016, 2 sample plots with 100 m × 100 m and 16 subplots of 25 m × 25 m were set up using RTK positioning technology in secondary evergreen broadleaved forest dominated by *Castanopsis sclerophylla* and *Lithocarpus glaber* in Jiande, Zhejiang province for experiment of tending and no-tending (CK) on large diameter tree cultivation. In August 2021, investigation was conducted on species composition and community structure by permanent sample plots. The results showed that there were 100 species of 53 families and 86 genera of plant in tending plot and 71 species of 39 families and 60 genera of plant in no-tending plot, and the average importance value of the target species, *C. sclerophylla* and *L. glaber*, ranked the first and second in tree layer. The species richness of the grass layer, shrub layer, and vines in treated plot was significantly higher ($P < 0.05$) than that in the control, while the richness of the tree layer was significantly lower ($P < 0.05$). However, there were no significant differences of Shannon-Wiener index and Simpson index in tree layer, shrub layer, and vines between treated plot and the control. The competitive ability of target trees was improved and the abundance in tree and shrub layer was slightly increased compared to that in the control. The tree height, DBH, clear bole height, and crown diameter were also significantly improved ($P < 0.05$).

Key words: large diameter timber cultivation; secondary evergreen broad-leaved forest; *Castanopsis sclerophylla*; *Lithocarpus glaber*; species composition; diversity index

常绿阔叶林是浙江省的地带性自然植被^[1], 通常有青冈 *Quercus glauca*、苦槠 *Castanopsis sclerophylla*、甜槠 *C. eyrei*、木荷 *Schima superba*、柯 *Lithocarpus glaber* 等多种常绿阔叶树种组成优势种。不同的丘陵山地植被区具有不同的优势种, 如建德林场泷江分场分布有以青冈为优势树种的常绿阔叶林^[2], 开化古田山则是以甜槠和木荷为优势树种的常绿阔叶林^[3], 天目山常绿阔叶林的优势种群为细叶青冈 *Cyclobananopsis gracilis*、青冈和短尾柯 *L. brevicaudatus*^[4]。常绿阔叶林的这种单优势种和共建优势种的不同, 可能与演替动态^[2]、地形因子^[5]、土壤养分的异质性^[6]等有关。常绿阔叶林以其富饶的生物资源、丰富的物种多样性和巨大的环境效益引起人们的重视^[7], 其退化生态系统的恢复与重建也成为当前研究的热点^[8], 关于林下植被多样性、自然更新等研究亦受到关注^[9-10]。

由于我国实施了天然林保护工程, 木材供需矛盾尖锐, 人工林大径材定向培育已成为木材供应和环境建设的必然选择^[11]。森林抚育技术在人工林中的应用日趋成熟, 桉 *Eucalyptus robusta*^[12]、杉木 *Cunninghamia lanceolata*^[13]和马尾松 *Pinus massoniana*^[14]等人工林的大径材培育已被广泛报道。有研究表明, 大径材培育亦能够助益天然林中目的种群的壮大, 提升天然林的森林景观, 增加木材供应的战略储备^[15]。然而, 针对天然次生林目的树种大径材培育的问题, 需要进一步研究。针对亚热带次生常绿阔叶林大径材培育鲜有报道。本文从大径材培育和目的树种经营角度, 研究次生常绿阔叶林的物种组成和群落特征, 调查分析以柯和苦槠为共建优势种群树种的次生常绿阔叶林的重要值特征以及植物的种类和多样性, 比较分析目的树种苦槠和柯在未抚育和抚育经营措施下的生长差异性, 以期对次生常绿阔叶林大径材培育的科学经营提供数据支持。

1 研究方法

1.1 研究地概况

研究地位于浙江西部的建德市洋溪街道友谊村新宅自然村山麻岭低山丘陵地段的集体林区, 中心地理位置为 119°18'40.289" E, 29°32'30.133" N, 距建德市城区直线距离约 5 km。该林区在 1988 年以前当地群众经常上山砍柴, 1989 年开始禁止砍伐并实行封山, 至今已有 33 a。据建德市气象资料, 该区属亚热带季风气候, 年平均气温为 16.7 °C, 年总积温平均为 6 115 °C, 年平均降水量为 1 600 mm, 年平均雨日为 164 d, 年总日照时数为 1 757 h, 无霜期为 261 d。基岩为凝灰岩, 土壤为山地红壤。林地坡面西南向, 坡度在 40° 左右, 海拔在 60 ~ 190 m, 林分外貌浓荫密闭, 郁闭度为 0.85, 下木层盖度约为 65%, 草本层盖度约为 25%。

1.2 抚育经营措施

次生常绿阔叶林与人工杉木林大径材培育不同, 需要确定经营的目的树种后, 再采取抚育的措施。已抚育样地于 2016 年按照《森林抚育规程》(GB/T 15781—2015) 采取透光伐, 林分郁闭前, 目的树种幼树生长受杂灌杂草、藤本植物等全面影响或上方、侧方严重遮阴影响的林分, 采取割灌除草。对郁闭后目的树种受压制的

林分,采取透光伐。抚育经营措施严格按照《森林抚育规程》的控制指标进行作业设计。

1.3 样地设置与调查方法

2016 年,选择 2 块坡向、坡度、海拔一致且建群树种均以苦槠和柯为主的森林群落,分别营建 100 m×100 m 的大样地,当年采取一次性抚育和未抚育 2 种方式对 2 个大样地进行大径材培育试验。2021 年,调查不同抚育措施下该常绿阔叶林物种组成及目的种群的生长状况,采用平行格子法进行样地布置。根据地形及卫星影像,使用 ArcGIS 进行样地规划,将格式数据转换为矢量数据,然后导入 RTK,再采用 RTK 定位技术进行三维定位放样,自上而下、自左到右,设置 16 个 25 m×25 m 面积的样地单元格,采用梅花形布点法调查其中的 8 个单元格(图 1A)。样地边界均用钢绳圈定,各样地交叉点用 Φ12 mm 螺纹钢钎标定。在样地设置的基础上,再在每个样地单元格内,按 5 m×5 m 的小格用彩色尼龙绳设置样方单元格,在样方单元格交叉点用 Φ8 mm 螺纹钢钎标定(图 1B)。

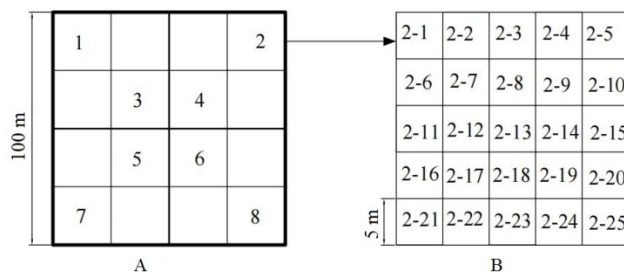


图 1 样地 A 和样方 B 布置单元格示意图

Fig. 1 Sample plots A and quadrats B

对于胸径和树高的划分不同学者提出了不同的标准^[15]。本研究根据实际,以 5 m×5 m 的样方格为调查单元,对样地内木本植物、草本植物和藤本植物进行调查。将胸径≥5 cm 或树高≥5 m 的木本植物均记入乔木层,每木调查记录树种名称、胸径、树高、枝下高和冠幅,其中胸径用直径卷尺实测,树高用活动测高秆量测。将树高<5 m 和胸径<5 cm 的木本植物记入灌木层,调查记录植物名称、株数、平均高度、盖度。草本植物记入草本层,调查记录植物名称、株数或丛数、平均高度、盖度。藤本植物调查记录种名、株数、盖度。

1.4 重要值与 α 多样性计算

1.4.1 重要值计算 采用重要值(importance value, IV)衡量物种的优势度。以样地群落数据为基础,分别计算抚育和未抚育物种的重要值。重要值(IV)计算公式^[17]为:

$$IV = (Dr + Fr + Pr) / 3 \quad (1)$$

式中,相对多度(Dr)为某个种的株数与全部种的总株数的比值;相对频度(Fr)为某个种在 5 m×5 m 样方的频度与全部种的总频度的比值;相对显著度(Pr)为某个种的显著度与全部种的显著度的比值,其中,乔木层显著度按胸高断面积(Ba)计算,灌木、草本和藤本植物显著度以盖度计算,盖度指植物在地面上覆盖的面积比例,表示植物实际所占据的水平空间的面积。

$$Ba = \pi \cdot DHB^2 / 4 \quad (2)$$

式中,DHB 为乔木距地面 1.3 m 处的胸径。

1.4.2 α 多样性计算 对群落 α 多样性指数测定中,选取物种丰富度(S)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Simpson 多样性指数(D)和 Pielou 均匀度指数(Jsw)4 个常见的物种多样性指数,对抚育和未抚育的次生常绿阔叶林的群落 α 多样性进行评价^[18]。

$$S = \text{物种数} \quad (3)$$

$$H' = -\sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i) \quad (4)$$

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

$$Jsw = H' / \ln S \quad (6)$$

式中, P_i 为物种 i 的重要值(IV)。

1.5 数据统计与处理

利用 Excel 2010 进行数据录入, 复印版的调查数据分别由两个人各自独立录入一遍, 然后用计算机对两份录入数据进行比对, 输出不匹配的数据, 然后再对这部分数据进行两人独立输入, 再进行比对, 直到所有数据匹配为止。计算样地内乔木层、灌木层、草本层和藤本植物单个植物的重要值, 计算单个植物在 8 个样地中重要值的平均值并进行排序。计算每个样地不同分层的植物多样性指数, 并利用数据分析工具中的描述性统计计算平均值和标准差。利用 Excel 2010 计算乔木层和灌木层植物的多度并进行排序。利用 SPSS 22.0 的独立样本 t 检验方法分析目的树种在抚育和未抚育样地间的树高、胸径、枝下高和冠幅的差异。使用 Origin 2018 作图, 选择图形类型, 生成图片, 调整坐标轴参数、页面距离、添加差异性标注, 导出图片。

2 结果与分析

2.1 抚育措施对样地物种组成的影响

调查表明, 抚育和未抚育样地中的植物种类存在明显差异, 在抚育样地中共调查出 53 科 86 属 100 种植物, 其中乔木层 16 种、草本层 13 种、藤本植物 24 种、灌木层 67 种; 在未抚育样地中共调查出 39 科 60 属 71 种植物, 其中乔木层 26 种、草本层 6 种、藤本植物 13 种、灌木层 50 种。植物的科、属、种数抚育样地相比未抚育样地数量分别增加了 35.90%、43.33%、40.85% (表 1)。

表 1 样地中调查的所有植物科属及名录
Tab. 1 List of plant families and genera of the sample plots

序号	科名	属名	植物名称
1	安息香科 Styracaceae	安息香属 <i>Styrax</i>	野茉莉 (YW) <i>Styrax japonicus</i>
2	百合科 Liliaceae	黄精属 <i>Polygonatum</i>	多花黄精 (YW) <i>Polygonatum cyrtonema</i>
3	大戟科 Euphorbiaceae	算盘子属 <i>Glochidion</i>	算盘子 (Y) <i>Glochidion puberum</i>
4		野桐属 <i>Mallotus</i>	石岩枫 (Y) <i>Mallotus repandus</i>
5			野桐 (YW) <i>M. japonicus</i>
6		油桐属 <i>Vernicia</i>	木油桐 (YW) <i>Vernicia montana</i>
7	豆科 Leguminosae	云实属 <i>Caesalpinia</i>	云实 (W) <i>Caesalpinia decapetala</i>
8		合欢属 <i>Albizia</i>	合欢 (Y) <i>Albizia julibrissin</i>
9		红豆属 <i>Ormosia</i>	红豆树 (YW) <i>Ormosia hosiei</i>
10		黄檀属 <i>Dalbergia</i>	黄檀 (YW) <i>Dalbergia hupeana</i>
11		越桔属 <i>Vaccinium</i>	江南越桔 (YW) <i>Vaccinium mandarinorum</i>
12	杜鹃花科 Ericaceae		越桔 (YW) <i>V. vitis-idaea</i>
13		杜鹃属 <i>Rhododendron</i>	杜鹃 (YW) <i>Rhododendron simsii</i>
14			马银花 (YW) <i>Rh. ovatum</i>
15	防己科 Menispermaceae	千金藤属 <i>Stephania</i>	千金藤 (Y) <i>Stephania japonica</i>
16		细圆藤属 <i>Pericampylus</i>	细圆藤 (Y) <i>Pericampylus glaucus</i>
17		芒属 <i>Miscanthus</i>	芒 (Y) <i>Miscanthus sinensis</i>
18		箬竹属 <i>Indocalamus</i>	阔叶箬竹 (YW) <i>Indocalamus latifolius</i>
19	禾本科 Gramineae	刚竹属 <i>Phyllostachys</i>	刚竹 (Y) <i>Phyllostachys sulphurea</i>
20		淡竹叶属 <i>Lophatherum</i>	淡竹叶 (YW) <i>Lophatherum gracile</i>
21		茅根属 <i>Perotis</i>	茅根 (YW) <i>Perotis indica</i>
22	虎耳草科 Saxifragaceae	鼠刺属 <i>Itea</i>	鼠刺 (YW) <i>Itea chinensis</i>
23	金星蕨 Thelypteridaceae	金星蕨属 <i>Parathelypteris</i>	金星蕨 (Y) <i>Parathelypteris glanduligera</i>
24	菊科 Compositae	一点红属 <i>Emilia</i>	一点红 (Y) <i>Emilia sonchifolia</i>
25	蕨科 Pteridiaceae	蕨属 <i>Pteridium</i>	蕨 (Y) <i>Pteridium aquilinum</i>
26		栗属 <i>Castanea</i>	栗 (Y) <i>Castanea mollissima</i>
27		柯属 <i>Lithocarpus</i>	柯 (YW) <i>Lithocarpus glaber</i>
28	壳斗科 Fagaceae	栎属 <i>Quercus</i>	白栎 (YW) <i>Quercus fabri</i>
29		青冈属 <i>Cyclobalanopsis</i>	青冈 (YW) <i>Cyclobalanopsis glauca</i>
30		锥属 <i>Castanopsis</i>	苦槠 (YW) <i>Castanopsis sclerophylla</i>

表 1 (续)

序号	科名	属名	植物名称
31			甜槠 (YW) <i>Castanopsis eyrie</i>
32	蜡梅科 Calycanthaceae	蜡梅属 <i>Chimonanthus</i>	蜡梅 (Y) <i>Chimonanthus praecox</i>
33	楝科 Meliaceae	香椿属 <i>Toona</i>	香椿 (Y) <i>Toona sinensis</i>
34	萝藦科 Asclepiadaceae	天星藤属 <i>Graphistemma</i>	天星藤 (YW) <i>Graphistemma pictum</i>
35		牡荆属 <i>Vitex</i>	牡荆 (Y) <i>Vitex negundo</i>
36	马鞭草科 Verbenaceae	紫珠属 <i>Callicarpa</i>	紫珠 (YW) <i>Callicarpa bodinieri</i>
37		大青属 <i>Clerodendrum</i>	大青 (YW) <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>
38		紫珠属 <i>Callicarpa</i>	华紫珠 (YW) <i>Callicarpa cathayana</i>
39	马钱科 Loganiaceae	醉鱼草属 <i>Buddleja</i>	醉鱼草 (Y) <i>Buddleja lindleyana</i>
40	木兰科 Magnoliaceae	南五味子属 <i>Kadsura</i>	南五味子 (YW) <i>Kadsura longipedunculata</i>
41		大血藤属 <i>Sargentodoxa</i>	大血藤 (Y) <i>Sargentodoxa cuneata</i>
42	木通科 Lardizabalaceae	野木瓜属 <i>Akebia</i>	木通 (YW) <i>Akebia quinata</i>
43	葡萄科 Vitaceae	蛇葡萄属 <i>Ampelopsis</i>	羽叶蛇葡萄 (YW) <i>Ampelopsis chaffanjoni</i>
44	漆树科 Anacardiaceae	漆属 <i>Toxicodendron</i>	野漆 (YW) <i>Toxicodendron succedaneum</i>
45	槭树科 Aceraceae	槭属 <i>Acer</i>	鸡爪槭 (W) <i>Acer palmatum</i>
46		巴戟天属 <i>Morinda</i>	羊角藤 (Y) <i>Morinda umbellata</i>
47		狗骨柴属 <i>Diplospora</i>	狗骨柴 (Y) <i>Diplospora dubia</i>
48		虎刺属 <i>Damnacanthus</i>	虎刺 (W) <i>Damnacanthus indicus</i>
49	茜草科 Rubiaceae	栀子属 <i>Gardenia</i>	栀子 (YW) <i>Gardenia jasminoides</i>
50		鸡仔木属 <i>Sinoadina</i>	鸡仔木 (Y) <i>Sinoadina racemosa</i>
51		白马骨属 <i>Serissa</i>	六月雪 (YW) <i>Serissa japonica</i>
52		流苏子属 <i>Coptosapelta</i>	流苏子 (W) <i>Coptosapelta diffusa</i>
53	忍冬科 Caprifoliaceae	忍冬属 <i>Lonicera</i>	忍冬 (Y) <i>Lonicera japonica</i>
54		荚蒾属 <i>Viburnum</i>	荚蒾 (YW) <i>Viburnum dilatatum</i>
55	桑科 Moraceae	构属 <i>Broussonetia</i>	葡蟠 (YW) <i>Broussonetia kaempferi</i>
56	莎草科 Cyperaceae	薹草属 <i>Carex</i>	相仿薹草 (YW) <i>Carex simulans</i>
57		厚皮香属 <i>Ternstroemia</i>	厚皮香 (W) <i>Ternstroemia gymnanthera</i>
58		柃木属 <i>Eurya</i>	格药柃 (YW) <i>Eurya muricata</i>
59	山茶科 Theaceae	柃木属 <i>Eurya</i>	柃木 (Y) <i>Eurya japonica</i>
60		木荷属 <i>Schima</i>	木荷 (Y) <i>Schima superba</i>
61		山茶属 <i>Camellia</i>	茶 (YW) <i>Camellia sinensis</i>
62			毛柄连蕊茶 (YW) <i>Camellia fraterna</i>
63			老鼠矢 (YW) <i>Symplocos stellaris</i>
64	山矾科 Symplocaceae	山矾属 <i>Symplocos</i>	山矾 (YW) <i>Symplocos sumuntia</i>
65			四川山矾 (YW) <i>Symplocos setchuensis</i>
66	杉科 Taxodiaceae	杉木属 <i>Cunninghamia</i>	杉木 (W) <i>Cunninghamia lanceolata</i>
67	省沽油科 Staphyleaceae	野鸦椿属 <i>Euscaphis</i>	野鸦椿 (Y) <i>Euscaphis japonica</i>
68	柿科 Ebenaceae	柿属 <i>Diospyros</i>	野柿 (YW) <i>Diospyros kaki</i>
69	薯蓣科 Dioscoreaceae	薯蓣属 <i>Dioscorea</i>	薯蓣 (Y) <i>Dioscorea opposita</i>
70	天南星科 Araceae	菖蒲属 <i>Acorus</i>	石菖蒲 (Y) <i>Acorus tatarinowii</i>
71	卫矛科 Celastraceae	卫矛属 <i>Euonymus</i>	垂丝卫矛 (Y) <i>Euonymus oxyphyllus</i>
72	小檗科 Berberidaceae	南天竹属 <i>Nandina</i>	南天竹 (Y) <i>Nandina domestica</i>
73	旋花科 Convolvulaceae	菟丝子属 <i>Cuscuta</i>	菟丝子 (Y) <i>Cuscuta chinensis</i>
74	芸香科 Rutaceae	花椒属 <i>Zanthoxylum</i>	两面针 (Y) <i>Zanthoxylum nitidum</i>
75		木姜子属 <i>Litsea</i>	山鸡椒 (YW) <i>Litsea cubeba</i>
76		楠属 <i>Phoebe</i>	紫楠 (Y) <i>Phoebe sheareri</i>
77	樟科 Lauraceae	樟木属 <i>Sassafras</i>	樟木 (YW) <i>Sassafras tzumu</i>
78			山胡椒 (YW) <i>Lindera glauca</i>
79		山胡椒属 <i>Lindera</i>	乌药 (YW) <i>Lindera aggregata</i>
80	紫金牛科 Myrsinaceae	紫金牛属 <i>Ardisia</i>	百两金 (YW) <i>Ardisia crispa</i>
81			山血丹 (Y) <i>Ardisia punctata</i>

表 1 (续)			
序号	科名	属名	植物名称
82	紫萁科 Osmundaceae	铁仔属 <i>Myrsine</i>	紫金牛 (YW) <i>Ardisia japonica</i>
83			铁仔 (YW) <i>Myrsine africana</i>
84			紫萁 (Y) <i>Osmunda japonica</i>
85	百合科 Liliaceae	菝葜属 <i>Smilax</i>	菝葜 (YW) <i>Smilax china</i>
86			土茯苓 (YW) <i>Smilax glabra</i>
87	冬青科 Aquifoliaceae	冬青属 <i>Ilex</i>	冬青 (YW) <i>Ilex chinensis</i>
88			毛冬青 (YW) <i>Ilex pubescens</i>
89	海金沙科 Lygodiaceae	海金沙属 <i>Lygodium</i>	海金沙 (YW) <i>Lygodium japonicum</i>
90	胡颓子科 Elaeagnaceae	胡颓子属 <i>Elaeagnus</i>	胡颓子 (YW) <i>Elaeagnus pungens</i>
91	夹竹桃科 Apocynaceae	络石属 <i>Trachelospermum</i>	络石 (YW) <i>Trachelospermum jasminoides</i>
92	金缕梅 Hamamelidaceae	枫香树属 <i>Liquidambar</i>	枫香树 (YW) <i>Liquidambar formosana</i>
93		榿木属 <i>Loropetalum</i>	榿木 (YW) <i>Loropetalum chinense</i>
94	里白科 Gleicheniaceae	芒萁属 <i>Dicranopteris</i>	芒萁 (YW) <i>Dicranopteris dichotoma</i>
95	鳞毛蕨 Dryopteridaceae	鳞毛蕨属 <i>Dryopteris</i>	黑足鳞毛蕨 (YW) <i>Dryopteris fuscipes</i>
97	毛茛科 Ranunculaceae	铁线莲属 <i>Clematis</i>	铁线莲 (Y) <i>Clematis florida</i>
98	蔷薇科 Rosaceae	石楠属 <i>Photinia</i>	石楠 (Y) <i>Photinia serrulata</i>
99		悬钩子属 <i>Rubus</i>	山莓 (YW) <i>Rubus corchorifolius</i>
96		蔷薇属 <i>Rosa</i>	金樱子 (YW) <i>Rosa laevigata</i>
100	桑科 Moraceae	榕属 <i>Ficus</i>	薜荔 (Y) <i>Ficus pumila</i>
101	松科 Pinaceae	松属 <i>Pinus</i>	马尾松 (W) <i>Pinus massoniana</i>
102	桃金娘科 Myrtaceae	蒲桃属 <i>Syzygium</i>	赤楠 (YW) <i>Syzygium buxifolium</i>
103	卫矛科 Celastraceae	卫矛属 <i>Euonymus</i>	卫矛 (Y) <i>Euonymus alatus</i>
104		南蛇藤属 <i>Celastrus</i>	南蛇藤 (YW) <i>Celastrus orbiculatus</i>
105	乌毛蕨科 Blechnaceae	狗脊属 <i>Woodwardia</i>	狗脊 (YW) <i>Woodwardia japonica</i>
106	五加科 Araliaceae	楸木属 <i>Aralia</i>	楸木 (YW) <i>Aralia chinensis</i>
107	棕榈科 Palmae	黄藤属 <i>Morinda</i>	羊角藤 (YW) <i>Morinda umbellata</i> subsp. <i>obovata</i>

注: () 内的“Y”和“W”分别表示抚育样地和未抚育样地。

表 2 所示的是植物重要值在样地内的平均值。由表 2 可知, 不同分层重要值排名前 3 位的植物中, 有 6 种植物在抚育和未抚育样地中同时出现, 表明两个样地主要植物种类具有较高的相似性。在抚育样地乔木层中, 苦槠、柯和白栎的重要值排名在前 3 位。

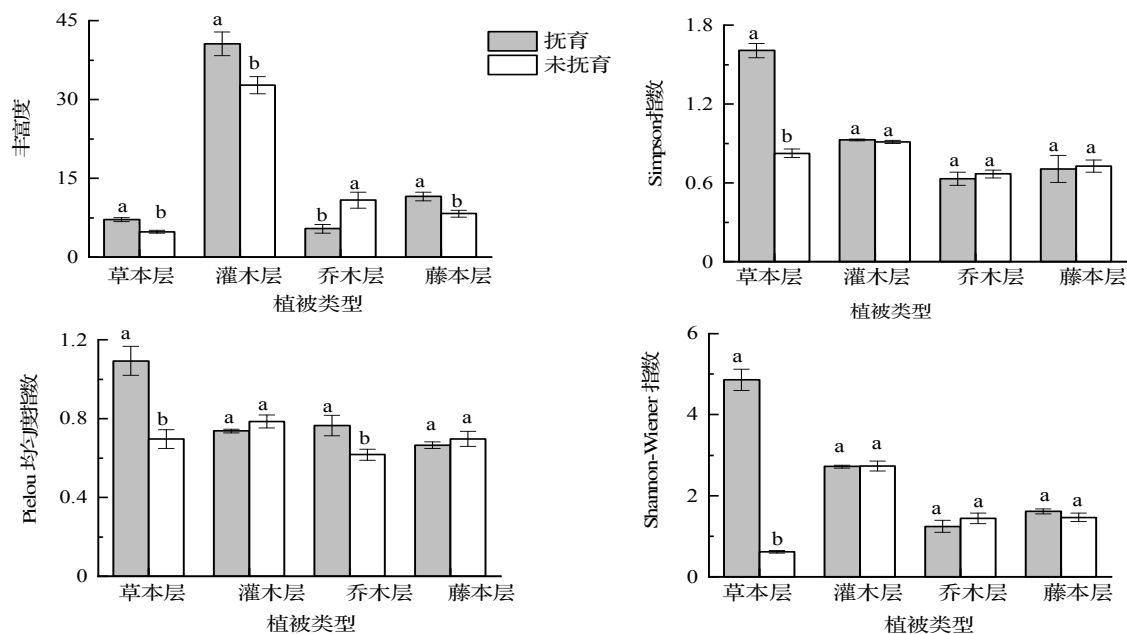
表 2 样地内植物的重要值 Tab. 2 Top three importance values of plant in the sample plots				
植被类型	抚育样地		未抚育样地	
	植物名称	重要值	植物名称	重要值
乔木层	苦槠	0.421 7	柯	0.367 8
	柯	0.347 3	苦槠	0.343 8
	白栎	0.042 1	杉木	0.068 6
灌木层	毛柄连蕊茶	0.099 9	鼠刺	0.129 0
	乌药	0.098 2	毛柄连蕊茶	0.109 2
	苦槠	0.066 4	柯	0.083 7
草本层	淡竹叶	0.235 8	狗脊	0.236 9
	黑足鳞毛蕨	0.192 7	黑足鳞毛蕨	0.186 4
	芒萁	0.069 4	淡竹叶	0.016 8
藤本植物	络石	0.227 4	菝葜	0.302 7
	海金沙	0.134 9	木通	0.296 3
	菝葜	0.126 6	羊角藤	0.111 0

作为次生常绿阔叶林大径材培育的目的树种, 苦槠的平均重要值 ($IV=0.421\ 7$) 在经营样地中占据明显的群落优势, 且在样地灌木层中自然更新的小苗 (胸径<5 cm 或树高<5 m) 也占据重要位置。柯平均重要值排在第 2

位,在乔木层空间中同样具有较强的竞争力。在未抚育样地中有柯、苦槠和杉木 3 种乔木占据前 3 的位置,目的经营树种柯 ($IV=0.3678$) 和苦槠 ($IV=0.3438$) 在重要值上占据明显优势。相比未抚育样地的灌木层平均重要值排名前 3 位的植物,抚育样地中的毛柄连蕊茶、乌药和苦槠的平均重要值均未超过 10%,显示抚育经营措施对灌木层主要植物种类的竞争优势起到抑制作用,这一现象在草本层没有出现。抚育样地和未抚育样地平均重要值前 3 位的植物中在草本层有 2 种相同,分别是淡竹叶和黑足鳞毛蕨,而藤本植物只有 1 种,为菝葜。

2.2 抚育措施对样地植物群落特征的影响

植物多样性是生物多样性的主要组成形式,不同林分的植物多样性存在一定的差异,植物种类组成是群落物种丰富度的直观表现。如图 2 所示,抚育经营措施的实施,使得样地植物总体物种数量增加,相较未抚育样地的植物丰富度,抚育样地在草本层、灌木层和藤本层的植物多样性均有显著提升 ($P<0.05$),乔木层的植物多样性则显著降低 ($P<0.05$),表明抚育措施降低了目的树种在乔木层的竞争压力。Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数在抚育样地和未抚育样地的乔木层、灌木层和藤本植物中没有显著差异,但在草本层中抚育样地要显著高于未抚育样地 ($P<0.05$),表明抚育经营措施有效改善了林下空间,为草本植物生长提供了更加广阔的空间。Pielou 均匀度指数在草本层和乔木层中,抚育样地均显著高于未抚育样地 ($P<0.05$),在灌木层和藤本层中,抚育样和未抚育样地没有显著差异。



注:不同小写字母表示抚育样地和未抚育样地的多样性指数在 $P<0.05$ 水平差异显著。

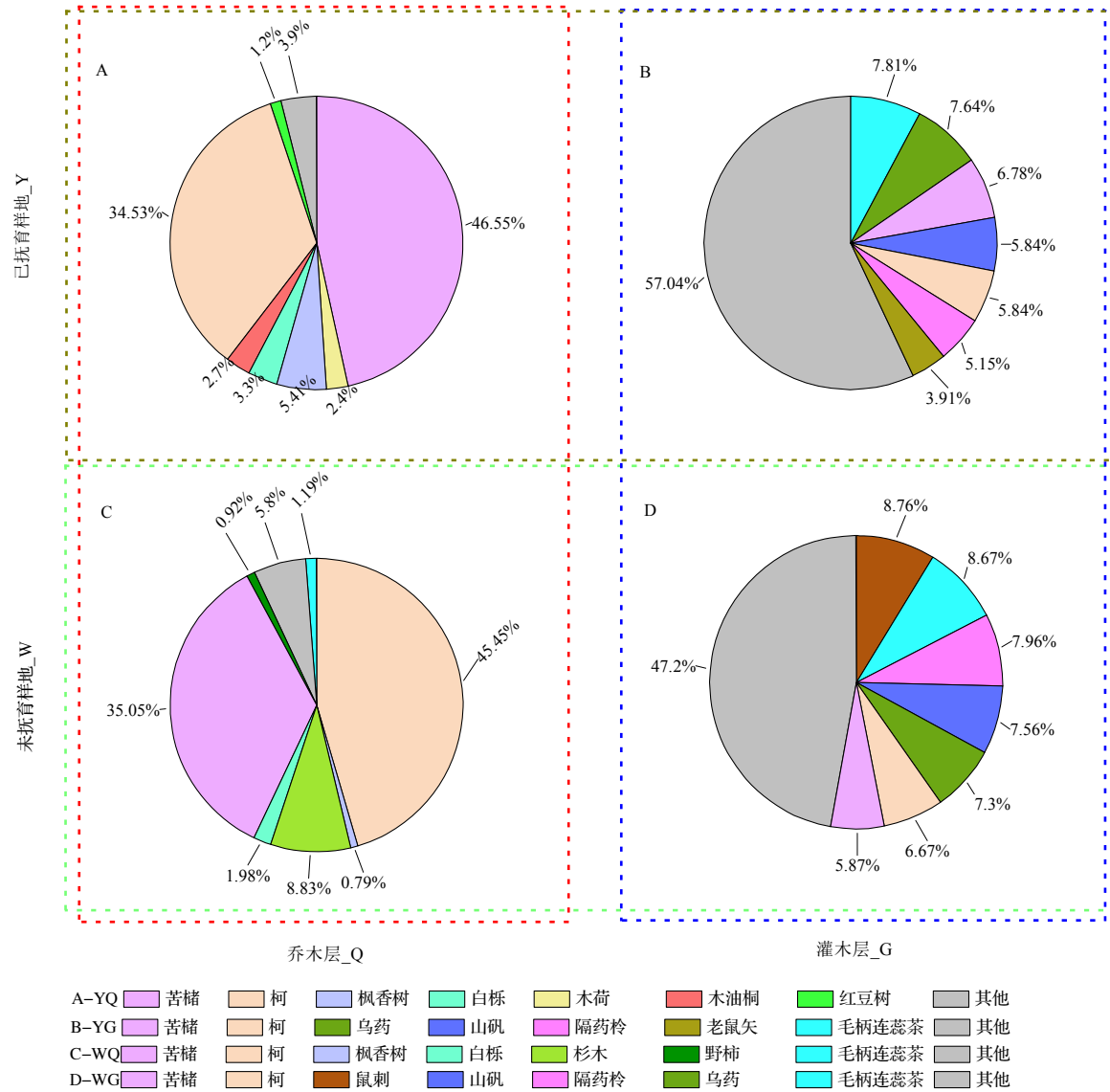
图 2 不同抚育样地的群落多样性差异性

Fig. 2 The diversities of different sample plots

2.3 抚育措施对目的树种多度的影响

在抚育样地内共有胸径 5 cm 以上或树高 5 m 以上的乔木 333 株,其中柯 115 株、苦槠 155 株,两者合计 270 株,占总株数的 81.08%,灌木 2 330 株。在未抚育样地内共有胸径 5 cm 以上或树高 5 m 以上的乔木 759 株,其中柯 345 株、苦槠 266 株,两者合计 611 株,占总株数 80.50%,灌木 2 248 株。如图 3 所示,在抚育样地中,乔木层多度排名前 5 位树种的是苦槠 (46.55%)、柯 (34.53%)、枫香树 (5.41%)、白栎 (3.30%) 和木油桐 (2.70%),灌木层多度排名前 5 位的树种是毛柄连蕊茶 (7.81%)、乌药 (7.64%)、苦槠 (6.78%)、山矾 (5.84%) 和柯 (5.84%);在未抚育样地中,乔木层多度排名前 5 位的树种是柯 (45.45%)、苦槠 (35.05%)、杉木 (8.83%)、白栎 (1.98%) 和毛柄连蕊茶 (1.19%),灌木层多度排名前 5 位的树种是鼠刺 (8.76%)、毛柄连蕊茶 (8.67%)、格药杓 (7.96%)、山矾 (7.56%) 和乌药 (7.30%)。比较抚育样地和未抚育样地乔木层植物多度 (图 3A、3C),

可以发现大径材培育目的树种苦槠和柯在乔木层中的多度占比均超过 80%，相比未抚育样地，抚育样地目的树种的多度占比略高，表明经营措施增加了大径材培育目的树种在乔木层中的多度占比。比较目的树种苦槠和柯在灌木层中的多度占比（图 3B、3D），可以发现抚育样地苦槠和柯的多度占比分别为 6.78%和 5.84%，分列第 3 位和第 5 位，而在未抚育样地中苦槠和柯的多度占比仅为 5.87%和 6.67%，均未进前 5 位。



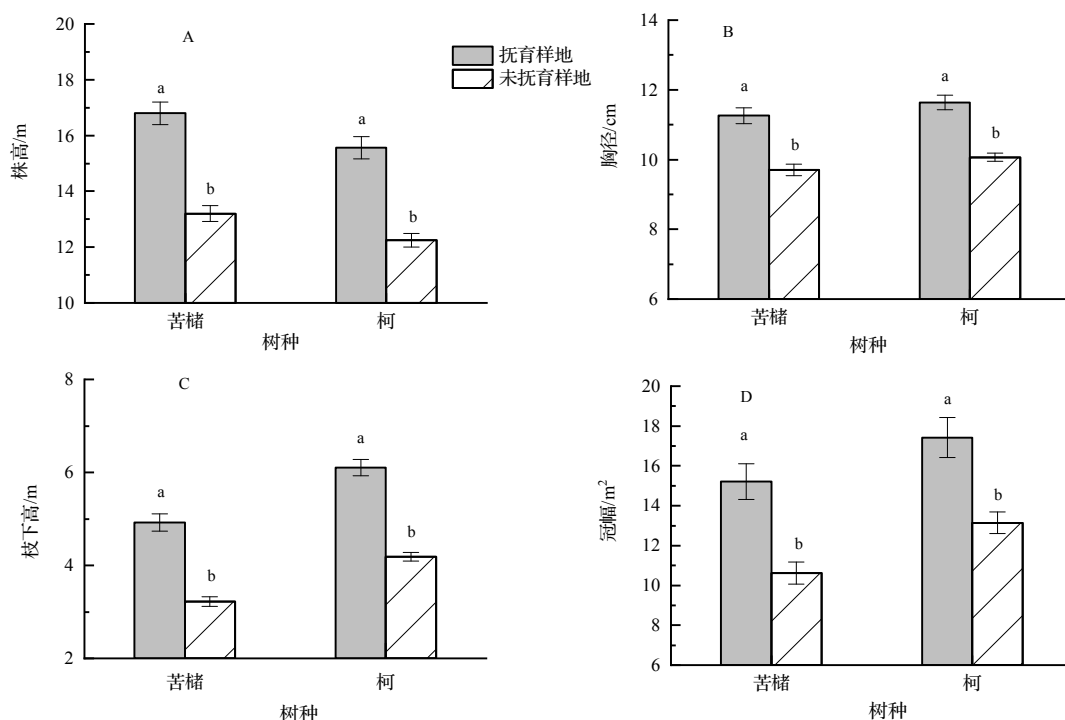
注：A 为抚育样地的乔木层；B 为抚育样地的灌木层；C 为未抚育样地的乔木层；D 为未抚育样地的灌木层。

图 3 苦槠和柯在不同抚育样地的空间多度分布

Fig. 3 The abundance distribution of *C. sclerophylla* and *L. glaber* in the different sample plots

2.4 抚育措施对目的树种生长的影响

如图 4 所示，苦槠和柯在抚育经营措施实施过程中树高、胸径、枝下高和冠幅相比未抚育样地均有不同幅度的上升。树高尤为明显，抚育经营样地中苦槠的平均树高为 16.80 m，比未抚育样地中苦槠的平均树高 13.20 m 高出 28.79%，差异显著 ($P<0.05$)；类似的结果在柯的平均树高上也有体现，相比未抚育样地，柯的平均树高增加了 27.12%，差异显著 ($P<0.05$)。胸径增加幅度相对树高略低，但同样存在显著差异 ($P<0.05$)，其中苦槠的平均胸径增加了 16.02%，柯的平均胸径增加了 15.63%。



注：不同小写字母表示抚育样地和未抚育样地目的树种生长在 $P < 0.05$ 水平差异显著。

图 4 苦槠和柯在不同抚育样地的生长差异

Fig. 4 Growth traits of *C. sclerophylla* and *L. glaber* in different sample plots

除此以外,与未抚育经营样地相比,抚育经营样地中苦槠和柯的枝下高和冠幅的增加同样是显著的($P < 0.05$),表明抚育经营措施改变了目的树种的林下空间,增加了目的树种在乔木上层空间的竞争力,使目的树种获得更加有利的生长条件。总体来说,大径材经营措施对苦槠和柯的生长有显著的提升作用,其中树高和胸径的增加对提高林木材积和森林碳汇等都有重要的现实意义。

3 讨论与结论

常绿阔叶林是生长在温暖湿润的亚热带气候条件下由常绿阔叶树种为优势的森林植被类型,在我国分布面积最大、类型最为复杂多样,其巨大的环境效益已引起人们广泛的重视,如何提高常绿阔叶林的效益是研究的热点。

有调查结果显示抚育经营措施的实施可显著提升经营样地的物种种类,在科、属、种层面上均有体现,且抚育间伐强度越大,植物的种类越丰富,密度和盖度也越大,但对群落优势种组成影响不大^[19-20]。本文调查数据显示,抚育经营措施实施 5 年后,抚育样地中的科、属、种数量相比未抚育样地中的科、属、种数量分别提升了 35.90%、43.33%、40.85%,抚育和未抚育样地物种丰富度存在显著差异($P < 0.05$)。抚育和未抚育样地中的物种组成虽然有差异,但重要值较高的植物种类重复率高,乔木层的优势树种相同。样地间的植物多样性 t 检验显示,多样指数的差异性主要体现在草本层,Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数在灌木层、乔木层和藤本植物中都没有显著差异。这与王丽娟等对 45 a 人工油松林抚育经营的研究结果类似^[21]。由此可见,目的树大径材经营措施使得植物种类增加,但植物多样性指数差异不显著。

次生林抚育经营与人工林抚育经营在本质和目标上是一致的,手段也相似。研究表明,通过人工抚育方式,可人为干扰目的树种的生长环境,增加其自然竞争优势^[20]。本文探讨了目的树种苦槠和柯的生长差异,从空间分布、多度、生长特征角度分析了抚育经营措施对他们的影响。抚育经营通过减小林分郁闭度至合理区间,提升了目的树种在乔木层和灌木层的空间占比,使其获得良好的生长空间和子代更新优势^[13,16,22]。和未抚育样地

相比,抚育样地内目的树种苦槠和柯的平均树高分别提高了 28.79%和 27.12%,平均胸径分别增加了 16.02%和 15.63%,枝下高和冠幅的增加同样是显著的($P<0.05$),目的树种获得了更充足的阳光和生长空间,基本达到了试验设计的主要目的。与简单的抚育间伐促进人工杉木林树高、胸径、单株材积和蓄积的增长^[23]相比,次生阔叶林目的树种的抚育经营措施更加综合地提升了目的树种自身的竞争能力。

本文从大径材培育和目的树种经营角度,对浙江省建德市次生常绿阔叶林的物种组成和群落特征进行了调查研究,调查结果表明,通过合理透光伐减小林分郁闭度至合理区间,一方面可以提高群落物种丰富度,另一方面在保持群落结构稳定的基础上,略微提高目的树种在乔木层的数量占比,使其获得良好的生长空间,从而提升目的树种在群落中的竞争优势。因此,抚育经营措施在次生常绿阔叶林改造中具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 吴征镒. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 847–868.
- [2] 于明坚. 青冈常绿阔叶林群落动态研究[J]. 林业科学, 1999, 35(6): 42–51.
- [3] 李立, 陈建华, 任海保, 等. 古田山常绿阔叶林优势树种甜槠和木荷的空间格局分析[J]. 植物生态学报, 2010, 34(3): 241–252.
- [4] 方国景, 汤孟平, 章雪莲. 天目山常绿阔叶林的混交度研究[J]. 浙江林学院学报, 2008, 25(2): 216–220.
- [5] 龙俊松, 汤孟平. 天目山常绿阔叶林空间结构与地形因子的关系[J]. 浙江农林大学学报, 2021, 38(1): 47–57.
- [6] 徐钧杰, 陈旭, 刘宗悦, 等. 天目山常绿阔叶林土壤养分的空间异质性与植物组成之间的关系[J]. 浙江林业科技, 2022, 42(3): 33–41.
- [7] 宋永昌, 陈小勇, 王希华. 中国常绿阔叶林研究的回顾与展望[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2005(1): 1–8.
- [8] 曹华, 张川英, 龚笑飞, 等. 亚热带次生常绿阔叶林目标树经营效果分析[J]. 浙江林业科技, 2021, 41(4): 15–23.
- [9] 徐庆华, 杨进良, 黄练忠, 等. 次生常绿阔叶林群落林冠结构对林下植被的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2019, 36(6): 1151–1157.
- [10] 梁梦芳, 刘何铭, 江山, 等. 林下密集蕨类层生态学研究进展[J]. 热带亚热带植物学报, 2022, 30(2): 291–300.
- [11] 蔡年辉, 李根前. 人工林大径材定向培育研究现状[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(31): 15518–15519.
- [12] 申巍, 马兰涛, 张俊祺, 等. 漳州桉树大径材培育技术研究及应用进展[J]. 桉树科技, 2022, 39(01): 48–52.
- [13] 宋重升, 王有良, 张利荣, 等. 基于大径材培育下杉木人工林间伐初始期的确定[J]. 北京林业大学学报, 2022, 44(03): 45–54.
- [14] 唐效蓉, 张翼, 杨骏, 等. 马尾松大径材优良家系幼林期生长表现[J]. 湖南林业科技, 2014, 41(06): 10–14.
- [15] 董灵波, 马榕, 田栋元, 等. 大兴安岭天然林不同演替阶段共优势种种群结构与动态[J]. 应用生态学报, 2022, 33(08): 2077–2087.
- [16] 陈代喜, 陈琴, 蒙跃环, 等. 杉木大径材高效培育技术探讨[J]. 南方农业学报, 2015, 46(02): 293–298.
- [17] 张田田, 王璇, 任海保, 等. 浙江古田山次生与老龄常绿阔叶林群落特征比较[J]. 生物多样性, 2019, 27(10): 1069–1080.
- [18] 姚俊宇, 齐锦秋, 张柳桦, 等. 人为干扰对碧峰峡山矾次生林群落物种多样性和土壤理化性质的影响[J]. 生态学杂志, 2018, 37(10): 2942–2950.
- [19] 张毅锋, 汤孟平. 天目山常绿阔叶林空间结构动态变化特征[J]. 生态学报, 2021, 41(05): 1959–1969.
- [20] 支新标. 抚育间伐对林木生长的影响研究[J]. 绿色科技, 2013(05): 35–37.
- [21] 王丽娟, 王孝安, 原志坚, 等. 抚育对黄土高原人工油松林林下植被的影响[J]. 生态环境学报, 2017, 26(08): 1301–1309.
- [22] 刘跃钧, 马海泉, 陈天华, 等. 杉木大径材平衡施肥及土壤养分变化的研究[J]. 江西林业科技, 2014, 42(01): 18–21.
- [23] 赵苏亚, 王瑞辉, 刘凯利, 等. 抚育间伐对不同年龄杉木人工林生长及林下植被多样性的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2020, 40(12): 34–43, 82.