

吴家山黄山松人工林植物群落结构特征分析

杨杰, 杨涵, 冯长春, 朱莉* (黄冈师范学院, 湖北黄冈 438000)

摘要 [目的]研究湖北英山吴家山黄山松人工林植物群落结构特征, 预测黄山松种群发展趋势及对当地生态系统的影响。[方法]采用样方法调查黄山松人工林物种种类、个体数目、高度、盖度、胸径等, 分析各层物种重要值、径级结构、空间分布格局。[结果]黄山松人工林共有维管植物 53 科 85 属 97 种, 具有明显分层结构。其中 63 个物种重要值 $\geq 1.00\%$, 包括乔木 12 种、灌木 26 种、草本 25 种。其中黄山松的多度、频度均为最高, 为乔木层建群种。毛竹为乔木层的第 2 优势种, 黄檀为灌木层的优势种, 沿阶草、蕨以及蓬蘽为草本层的优势种。黄山松的径级分布呈双峰型, 在 11~12 和 15~16 cm 出现 2 个明显的峰, 且出现断层, 即 5 cm 以下个体数为 0。第 2 优势种毛竹的径级结构在 5~15 cm 呈近正态分布, 有 98.85% 的个体集中于该区段。灌木层优势种黄檀 82.59% 的个体胸径集中在 1~2 cm。黄山松的空间分布格局具有尺度依赖性特征, 具体呈现小尺度上成群分布, 大尺度上呈现随机分布。[结论]黄山松在吴家山人工林占据绝对优势地位, 但径级结构分析显示, 其种群随时间推移而呈现衰落, 失去优势地位。

关键词 吴家山; 黄山松; 人工林; 群落结构特征

中图分类号 S718.54 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)18-0099-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.18.025



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Community Structure Characteristics of *Pinus taiwanensis* Plantation in Wujiashan

YANG Jie, YANG Han, FENG Chang-chun et al (Huanggang Normal University, Huanggang, Hubei 438000)

Abstract [Objective] To predict the development trend of *Pinus taiwanensis* population and its impact on the local ecosystem, and study the plant community structure characteristics of *Pinus taiwanensis* plantation in Wujiashan, Yingshan, Hubei Province. [Method] We investigated the species, quantity, height, coverage, and DBH in *Pinus taiwanensis* plantation, and analyzed the importance value, diameter structure and spatial distribution pattern of species at each layer. [Result] There were 97 vascular plants belonging to 85 genera and 53 families, which had obvious hierarchical structure. The important value of 63 species was above 1.00%, including 12 trees, 26 shrubs and 25 herbs. *Phyllostachys edulis* was the second dominant species in the tree layer. *Dalbergia hupeana* was the dominant species in the shrub layer, and three dominant species in the herb layer were *Ophiopogon bodinier*, *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* and *Rubus hirsutus*. The diameter distribution of *Pinus taiwanensis* showed a bimodal pattern, with two obvious peaked at 11-12 cm and 15-16 cm, and a gap below 5 cm without any individuals. The second dominant species of *Phyllostachys edulis* had a nearly normal distribution in diameter class structure from 5-15 cm, and 98.85% of individuals concentrated in this section. 82.59% of the individuals of *Dalbergia hupeana* were concentrated in 1-2 cm. The spatial distribution pattern of *Pinus taiwanensis* was scale dependent, which showed group distribution pattern at small scale and random distribution pattern at large scale. [Conclusion] *Pinus taiwanensis* occupies an absolute dominant position in Wujiashan Plantation, but its population would decline and lose its dominant position at future.

Key words Wujiashan; *Pinus taiwanensis*; Plantation; Community structure characteristics

黄山松(*Pinus taiwanensis*)是我国特有种, 又称台湾松, 常绿乔木, 高可达 30 m, 胸径可达 80 cm, 为喜光、深根性树种, 其抗逆性强, 材质好, 但生长迟缓, 持续时间长。主要分布于浙江、台湾、福建、江西、安徽等省的山地。因黄山松具有诸多优点, 在高海拔荒山国土绿化方面具有不可替代的作用, 是亚热带中山地造林的重要树种之一^[1-2]。目前, 有关黄山松人工林的研究主要集中在生态位特点、植物功能性状、群落特征、碳储存量、分布格局、物种多样性、优势物种的径级结构、间伐对黄山松人工林生长的影响以及对气候变化的响应等方面^[3-6]。

植物群落结构是植物种群在群落空间和时间上的配置状况, 反映出植物与植物之间、植物与环境之间的相互关系, 是研究生态系统过程和功能的基础。研究植物群落组成、区系特征和群落结构对揭示植群落演替规律具有重要意义^[7-8]。近几年, 我国人工林总体上存在结构不合理、针叶纯林比重大、质量不高、生态稳定性差、经济和生态效益较低、病虫害频发、抵御气候灾害能力弱、生态系统服务功能较差

等问题^[9-13]。因此, 以湖北省大别山国家级自然保护区的英山县吴家山黄山松人工林为研究对象, 通过研究吴家山黄山松人工恢复林植物群落结构特征, 预测黄山松种群变化趋势及森林发展趋势, 为吴家山黄山松人工林群落维系和管理提供科学依据。

1 研究区概况

调查区域为湖北大别山国家级自然保护区英山县境内吴家山森林公园(115°48'E, 31°05'N), 海拔 828~837 m, 坡度 16°~31°, 年降水量 1 450 mm, 年均温 12.6 °C。气候湿润, 雨量充沛, 温光同步, 四季分明, 呈现优越的山地气候和森林小气候特征。吴家山山地地质构造基础是古生代华力西中期的秦岭大别山褶皱带。主要由前震旦纪地层和侵入岩构成, 以花岗岩、片麻岩等为主。调查地点人工种植针叶林主要为黄山松(*Pinus taiwanensis*), 混有毛竹(*Phyllostachys edulis*)及少量杉木(*Cunninghamia lanceolata*), 林下层以黄檀(*Dalbergia hupeana*)为主, 有椴木(*Aralia elata*)、青榨槭(*Acer davidii*)、茅栗(*Castanea seguinii*)、鹅耳枥(*Carpinus turczaninowii*)、沿阶草(*Ophiopogon bodinieri*)等。

2 研究方法

2.1 样方的设置与群落调查 2021 年 7 月, 在抽样调查的基础上选择以黄山松(*Pinus taiwanensis*)为主的人工林作为

基金项目 黄冈师范学院 2020 年教学研究项目(2020CE22)。

作者简介 杨杰(2000—), 男, 湖北荆门人, 从事植物分子生物学研究。
* 通信作者, 讲师, 博士, 从事农业生态学研究。

收稿日期 2021-09-25

研究对象。在石头咀镇吴家山森林公园设3个面积为20 m×20 m的标准样方,运用相邻格子法把典型样方划分成16个5 m×5 m的小样方。记录每个标准样方的海拔、坡度、坡向等地形参数(表1)。

在各调查样方进行植被调查,记录乔木、灌木物种名称和株数,测量每株植物的盖度、胸径(灌木为基径)。在每个标准样方中,随机布置5个2 m×2 m的草本样方,记录草本植物名称和株数,并测量每株植物的高度、盖度、基径。

表1 样方基本信息

Table 1 Basic information of quadrats

样方序号 Quadrat	海拔 Altitude//m	坡度 Slope//°	坡位 Position	坡向 Aspect	优势种 Species	密度 Density//株/hm ²
1	837	26	上坡位	阳坡	黄山松	1 525
2	846	24	上坡位	阴坡	黄山松	1 750
3	828	21	上坡位	阴坡	黄山松	2 225

在各样方内去除枯枝落叶层,在淋溶层使用梅花五点法(4个10 m×10 m的中心和1个20 m×20 m的中心)取5个直径4 cm、深度为20 cm的土样后混合。土样自然风干后,测定土壤pH、有机质、全氮、全磷、水解氮、有效磷含量。同样

的地点使用光照计、温度计、风速仪、湿度计等测量光照强度、空气温度、风速、土壤温度、土壤干湿度等因子数据(表2)。2号样方有效磷含量、全磷含量、pH显著高于其他2个样方,其余指标也有显著差异,但差异程度不大。

表2 样方环境因子和土壤养分含量

Table 2 Environmental factors and soil nutrient content of the experimental quadrats

样方序号 Quadrat	环境因子 Environmental factors				
	光照强度 Light intensity//lx	空气温度 Air temperature//°C	风速 Wind speed//m/s	土壤温度 Soil temperature//°C	土壤干湿度 Soil moisture
1	1 668.60±857.67 a	29.78±0.66 a	0.10±0.14 b	24.0±0.71 ab	dry+
2	1 465.20±240.06 a	27.64±0.97 b	0.24±0.23 ab	23.4±0.55 b	dry+
3	1 570.60±283.71 a	29.20±0.34 a	0.40±0.16 a	24.4±0.55 a	dry+

样方序号 Quadrat	土壤养分含量 Soil nutrient content					
	有效磷 Available phosphorus mg/kg	水解氮 Hydrolytic nitrogen mg/kg	全磷 Total phosphorus g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	有机质 Organic matter g/kg	pH
1	7.03±0.11 b	134.40±0.67 a	0.86±0.01 b	1.37±0.01 a	32.72±0.12 b	5.22±0.01 b
2	25.75±0.22 a	136.40±1.34 a	1.14±0.01 a	1.17±0.01 c	32.50±0.18 b	5.24±0.01 a
3	1.78±0.09 c	127.10±1.34 b	0.67±0.01 c	1.33±0.01 b	35.45±0.18 a	5.15±0.01 c

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters indicate significant difference between treatments ($P < 0.05$)

2.2 数据分析方法

2.2.1 群落特征值。通过计算植物重要值(IV),来描述乔木层、灌木层、草本层的植物种群优势度。IV=(相对多度+相对频度+相对优势度)/3×100%,其中,相对多度=某个种的株数/所有种的总株数×100%;相对频度=该种频度/所有种的频度总和×100%;相对优势度=某个种的平均胸高断面面积/所有种的胸高断面面积之和×100%(草本为某个种的平均盖度/所有种的平均盖度之和×100%)。

2.2.2 径级结构。径级结构能够为群落演替阶段及发展趋势预测提供重要信息^[14]。以样方每木测量数据为基础(DBH≥1 cm),采用1 cm大小的径级间隔,以径级为横坐标,以不同优势种植物各径级的数量为纵坐标,绘制黄山松人工林优势种径级结构图^[15]。

2.2.3 空间分布格局。物种分布格局是群落的重要结构特征之一,是物种本身的生物学特性长期对温度、降水等环境因子以及种内竞争、扩散限制等生态过程影响所表现出来的综合特征^[4]。主要乔木树种黄山松的空间分布格局类型采用最常用的方差均值比法。将20 m×20 m样方按5、10 m

划分为若干个小样方,即均分成16个5 m×5 m的小方格(5尺度)和4个10 m×10 m的小方格(10尺度)。统计2种尺度下小样方内的生物学参数并进行分析。

方差均值比,即 S^2/m ,其中,

$$m = \frac{\sum fx}{n}$$

$$S^2 = \frac{\sum (fx)^2 - [(\sum fx)^2/n]}{n-1}$$

式中, x 为样方中某个个体数; f 为含 x 个体样方的出现频率; n 为样本总数。用 t 检验进行显著性检测,当 $t > t_{0.05(n-1)}$ 时,为显著成群分布; $t > t_{0.01(n-1)}$ 时,为极显著成群分布,当 $t < t_{0.05(n-1)}$ 时,为随机分布^[16]。

所有数据分析及作图均采用Microsoft Office Excel 2019软件、IBM SPSS Statistics 21软件完成。

3 结果与分析

3.1 重要值 重要值是一种综合性指标,是应用最广的物种特征值之一,它不仅表现某一种群在整个群落中的重要性,还可以指出种群对群落的适应性^[17]。通过对吴家山黄山松人工林植物群落样方进行调查分析发现,该区域共有维

管植物 53 科 85 属 97 种。该群落具有明显层次结构,可分为乔木层、灌木层和草本层。根据表 3~5 可知,有 63 个物种重要值 $\geq 1.00\%$, 占总物种数的 64.95%, 其中乔木 12 种、灌木 26 种、草本 25 种。其中黄山松为建群种, 多度、频度均为乔木层中最高, 在乔木层中的重要值占 33.70%, 远高于其他物

种。毛竹在 2、3 号样方中分布较多, 而 1 号样方没有分布, 重要值为 14.21%, 是乔木层的第 2 优势种。灌木层中重要值最大的黄檀数量甚至远大于黄山松, 但胸径较小, 为林下层的优势种。草本层中沿阶草、蕨以及蓬蘽的分布范围广、多度大, 为草本层的优势种。

表 3 样方乔木层中重要值 $\geq 1\%$ 的物种Table 3 Species with importance value $\geq 1\%$ in tree layer

%

种名 Species	相对多度 Relative Abundance	相对频度 Relative Frequency	相对优势度 Relative Dominance	重要值 Importance Value
黄山松 <i>Pinus taiwanensis</i>	66.87	17.65	16.58	33.70
毛竹 <i>Phyllostachys edulis</i>	26.14	11.76	4.73	14.21
乌桕 <i>Triadica sebifera</i>	0.30	5.88	22.77	9.65
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	3.04	5.88	14.92	7.95
青皮木 <i>Schoepfia jasminodora</i>	0.30	5.88	13.22	6.47
茅栗 <i>Castanea seguinii</i>	0.61	11.76	4.43	5.60
黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	0.61	11.76	0.91	4.43
柞木 <i>Cornus macrophylla</i>	0.30	5.88	7.03	4.40
三角槭 <i>Acer buergerianum</i>	0.30	5.88	5.51	3.90
鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i>	0.91	5.88	4.03	3.61
山槐 <i>Albizia kalkora</i>	0.30	5.88	3.59	3.26
莢蒾 <i>Viburnum dilatatum</i>	0.30	5.88	2.29	2.83

表 4 样方灌木层中重要值 $\geq 1\%$ 的物种Table 4 Species with importance value $\geq 1\%$ in shrub layer

%

种名 Species	相对多度 Relative Abundance	相对频度 Relative Frequency	相对优势度 Relative Dominance	重要值 Importance Value
黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	61.32	4.41	0.68	22.14
山槐 <i>Albizia kalkora</i>	0.33	2.94	18.12	7.13
茅栗 <i>Castanea seguinii</i>	6.12	4.41	10.68	7.07
苦槠木 <i>Fraxinus insularis</i>	1.49	4.41	10.92	5.61
化香树 <i>Platycarya strobilacea</i>	0.99	2.94	8.78	4.24
楸木 <i>Aralia elata</i>	2.81	2.94	5.97	3.91
青榨槭 <i>Acer davidii</i>	3.14	4.41	2.15	3.24
毛樱桃 <i>Cerasus tomentosa</i>	1.49	4.41	3.72	3.21
榆树 <i>Ulmus pumila</i>	0.17	1.47	7.93	3.19
楮 <i>Broussonetia kazinoki</i>	2.81	4.41	1.60	2.94
五裂槭 <i>Acer oliverianum</i>	0.50	2.94	4.86	2.76
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	2.64	4.41	0.60	2.55
鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i>	2.64	2.94	1.35	2.31
红果山胡椒 <i>Lindera erythrocarpa</i>	1.32	4.41	0.32	2.02
黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	0.33	1.47	3.61	1.80
山榿 <i>Lindera reflexa</i>	1.16	2.94	1.08	1.73
野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	1.16	2.94	0.57	1.55
臭椿 <i>Ailanthus altissima</i>	0.66	2.94	0.64	1.42
柞木 <i>Cornus macrophylla</i>	0.66	2.94	0.50	1.37
苦树 <i>Picrasma quassioides</i>	0.33	2.94	0.58	1.28
青皮木 <i>Schoepfia jasminodora</i>	0.99	1.47	1.11	1.19
野桐 <i>Mallotus tenuifolius</i>	0.17	1.47	1.61	1.08
三角槭 <i>Acer buergerianum</i>	0.17	1.47	1.61	1.08
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.99	1.47	0.71	1.06
山胡椒 <i>Lindera glauca</i>	0.33	1.47	1.27	1.02
枫香树 <i>Liquidambar formosana</i>	0.99	1.47	0.56	1.01

3.2 径级结构 林分直径结构是最重要、最基本的林分结构之一, 对衡量森林群落功能的稳定性和复杂性具有重要作用^[18]。样方中径级在 1~3 cm 的个体占总个体数的 52.40%, 径级在 5~15 cm 呈近正态分布, 2 个峰值分别出现在胸径

1~2 和 10~11 cm (图 1a)。

黄山松的径级结构在 11~12 和 15~16 cm 出现 2 个明显的峰, 胸径在 10~20 cm 的个体数占黄山松总个体的 68.78%。胸径 >30 cm 的个体有 5 株, 胸径 5 cm 以下的个体数为 0 (图

1b)。毛竹的径级结构在 5~15 cm 呈近正态分布,有 98.85% 的个体集中于该区段,在 10 cm 出现一个明显的峰,由于毛竹在样方中的优势地位,这与 $DBH \geq 1$ cm 的所有个体径级结构在 10 cm 处出现峰值正好吻合(图 1c)。黄檀 82.59% 的

个体胸径集中在 1~2 cm,在 1~2 cm 处出现一个明显的峰(图 1d),这与 $DBH \geq 1$ cm 所有个体径级结构在 1~2 cm 处出现的峰也是吻合的。

表 5 样方草本层中重要值 $\geq 1\%$ 的物种Table 5 Species with importance value $\geq 1\%$ in herb layer

%

种名 Species	相对多度 Relative Abundance	相对频度 Relative Frequency	相对优势度 Relative Dominance	重要值 Importance Value
沿阶草 <i>Ophiopogon bodinieri</i>	23.21	2.97	9.46	11.88
蕨 <i>Pteridium aquilinum var. latiusculum</i>	19.88	2.97	7.20	10.02
蓬蘽 <i>Rubus hirsutus</i>	12.79	2.97	13.83	9.86
求米草 <i>Oplismenus undulatifolius</i>	8.11	2.97	1.55	4.21
牛膝 <i>Achyranthes bidentata</i>	3.76	2.97	5.82	4.18
地锦 <i>Parthenocissus tricuspidata</i>	4.67	2.97	2.25	3.30
盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	0.16	0.99	7.22	2.79
薯蕷 <i>Dioscorea polystachya</i>	0.48	2.97	4.31	2.59
鸡矢藤 <i>Paederia foetida</i>	2.85	2.97	1.92	2.58
蛇葡萄 <i>Ampelopsis glandulosa</i>	1.72	2.97	3.02	2.57
楤木 <i>Aralia elata</i>	0.21	1.98	5.14	2.44
野青茅 <i>Deyeuxia pyramidalis</i>	3.65	1.98	1.65	2.43
满山红 <i>Rhododendron mariesii</i>	0.54	2.97	3.15	2.22
五味子 <i>Schisandra chinensis</i>	0.81	2.97	2.71	2.16
斑叶兰 <i>Goodyera schlechtendaliana</i>	2.63	2.97	0.61	2.07
圆锥绣球 <i>Hydrangea paniculata</i>	0.38	1.98	3.01	1.79
山莓 <i>Rubus corchorifolius</i>	0.70	2.97	1.20	1.62
木通 <i>Akebia quinata</i>	0.54	1.98	2.17	1.56
忍冬 <i>Lonicera japonica</i>	1.56	0.99	1.86	1.47
黄精 <i>Polygonatum sibiricum</i>	0.21	1.98	1.85	1.35
丛枝蓼 <i>Polygonum posumbu</i>	1.83	1.98	0.21	1.34
鸭儿芹 <i>Cryptotaenia japonica</i>	0.59	1.98	1.13	1.23
三脉紫菀 <i>Aster trinervius subsp. ageratoides</i>	1.18	1.98	0.53	1.23
一把伞南星 <i>Arisaema erubescens</i>	0.16	1.98	1.20	1.11
半夏 <i>Pinellia ternata</i>	0.43	1.98	0.62	1.01

3.3 主要乔木树种的空间分布格局 方差均值比结果表明(图 2、表 6),5 m 尺度下,3 个黄山松种群样方的方差均值(S^2/m)比均大于 1.00,且 t 检验结果均大于 $t_{0.01(n-1)}$,因此可判定 3 个样方均呈现极显著成群分布;10 m 尺度下,样方 I 和样方 III 群落方差均值比(S^2/m)小于 1.00,样方 II 方差均值比(S^2/m)大于 1.00,但其 3 个黄山松种群样方的 t 检验均小于 $t_{0.05(n-1)}$,因此可判定 3 个样方均呈现随机分布。

4 讨论

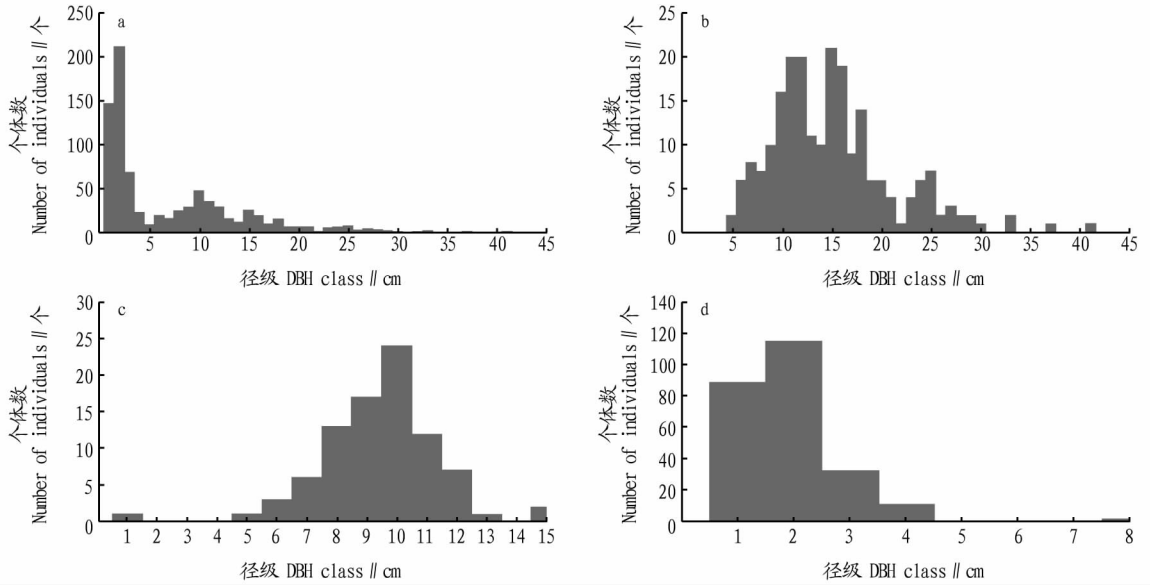
重要值分析结果表明,黄山松在所有样方内均以建群种的身份出现,其优势度远大于其他物种,证明目前黄山松仍在群落中占重要地位。灌木层中黄檀为绝对优势种,其数量大于其他灌木株数总和,约为黄山松的 5 倍。由此可见,黄檀幼苗对于黄山松人工林下环境具有较强的适应性^[19]。

径级结构分析发现,样方内 $DBH \geq 1$ cm 的所有个体呈现倒“J”型,这是由于样方中灌木层物种数量较多,但径级普遍较小。黄山松种群径级结构呈中等径级数量多,大树少,无幼苗幼树分布,出现严重的径级断层。这表明目前黄山松种群稳定,但会随之走向衰退,失去优势种地位。据资料记载,吴家山植被曾经被过度砍伐,20 世纪 60 年代飞机播种黄

山松种子于山地以恢复植被。由于其幼苗有喜光性,故在灌木和草本丰茂的林下很难生存^[20],导致出现严重径级断层。毛竹在 $DBH \geq 1$ cm 个体径级结构中占据重要位置,在 10 cm 处达到峰值,且重要值仅次于黄山松。这可能得益于其克隆生长特性,能够快速增加种群数量,同时也预示着黄山松人工林很可能会先演替为黄山松毛竹混交林^[21-24]。

通过对黄山松的空间分布格局分析发现,黄山松的空间分布格局具有尺度依赖性特征,具体呈现为 5 m 尺度上成群分布,10 m 尺度上呈现随机分布。在人工机播还原吴家山植被时^[19],为提高植被的覆盖率,飞机播种大量种子,造成小尺度范围内种子数量较多,经过发育,呈现小尺度内成群分布。成年阶段的黄山松种群由于聚集强度增加,种内资源竞争加剧,导致一些竞争性较弱的黄山松遭受淘汰,其分布格局由成群分布向随机分布转变^[25]。

虽然目前黄山松在吴家山人工林中仍占据绝对优势地位,该研究结果表明,其种群将随时间推移而呈现衰落,失去优势地位。黄山松作为本土优势种,必然在当地生态系统平衡和多样性维持中具有重要地位。该研究将为吴家山人工林未来发展的决策制订、林分结构的合理规划和调整提供参考,也可助力吴家山林区的可持续发展。

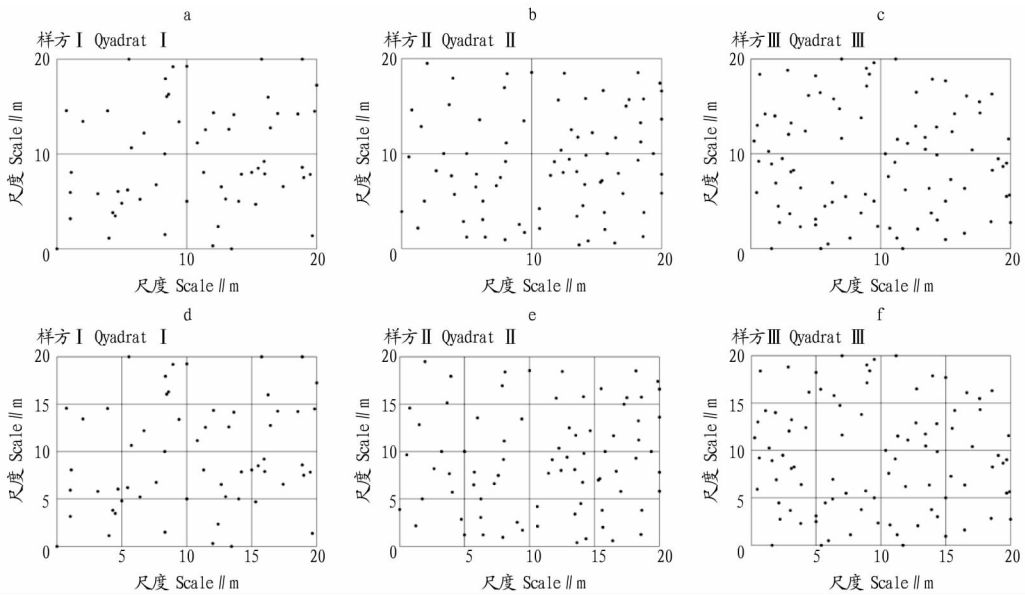


注:a.DBH ≥ 1 cm 的个体;b~d.黄山松、毛竹和黄檀的径级结构

Note:a.All individuals with DBH ≥ 1 cm;b~d.The diameter structure of *Pinus taiwanensis*, *Phyllostachys edulis* and *Dalbergia hupeana*

图 1 DBH ≥ 1 cm 的所有个体及优势种的径级结构

Fig.1 All individuals with DBH ≥ 1 cm and the diameter structure of dominant species



注:a~c.10 m 尺度下黄山松 3 个样方的空间分布;d~f. 5 m 尺度下 3 个样方的空间分布

Note:a~c.Space distribution of *Pinus taiwanensis* population at 10 m scale;d~f.Space distribution of *Pinus taiwanensis* population at 5 m scale

图 2 10 m 尺度和 5 m 尺度下黄山松种群空间分布

Fig.2 Space distribution of *Pinus taiwanensis* population at 10 m scale and 5 m scale

表 6 5 m 尺度和 10 m 尺度下黄山松种群空间分布格局

Table 6 Distribution patterns of *Pinus taiwanensis* population at 5 m scale and 10 m scale

样方序号 Quadrat No.	5 m					10 m				
	$t_{0.01(n-1)}$	$t_{0.05(n-1)}$	S^2/m	t	结果 Result	$t_{0.01(n-1)}$	$t_{0.05(n-1)}$	S^2/m	t	结果 Result
I	2.947	2.131	13.26	8.810	C**	5.841	3.182	0.740	-0.279	R
II	2.947	2.131	8.776	5.588	C**	5.841	3.182	2.615	1.736	R
III	2.947	2.131	10.215	6.622	C**	5.841	3.182	0.568	-0.464	R

注:C 表示成群分布,R 表示随机分布,** 表示极显著成群

Note:C represents clustering distribution,R represents random distribution,** represents extremely significant clustering

右为宜,施用牛羊粪肥并进行深耕。通过土壤改良减轻狮泉河荒地高盐碱、低有机质的问题,有利于引种植物成活。

高原环境大气压低,表现为氧气稀薄,由于氧气扩散速率降低,植物种子萌发速度趋缓,萌芽率也可能降低。研究表明,植物至少需要 10 kPa 总压和相应氧气、二氧化碳及水蒸气分压才能正常发育,但为了适应低气压的大气环境条件,植物生理生态特征会发生改变^[12]。笔者通过观察发现,引种的花棒和杨柴长势旺盛,可以开花,但是普遍存在不结实的特点。低压引起的氧气分压下降有利于植物的营养生长,但对生殖生长存在一定抑制作用,小麦在 50 kPa 总压下降穗增加,生物量增加,严重抑制了种子形成^[13]。

花棒和杨柴作为游击型克隆植物,当无性克隆繁殖为主要繁殖方式时,有性繁殖会相对减弱,再加上高原低压环境对生殖生长存在的抑制作用,又进一步促进了花棒和杨柴的克隆繁殖。该研究表明,在狮泉河镇引种 5 年间花棒和杨柴只开花不结实,群落更新主要依靠地下萌蘖,克隆繁殖。花棒和杨柴树龄一般可达 70 年以上,旺盛生长 5~10 年后开始衰退,15 年灌丛不再萌发新枝,结实量下降。定期适当平茬可以起到更新复壮和扩大郁闭度的作用,5~10 年平茬一次,时间宜在春初土壤解冻前,留茬高度宜在 20 cm^[14-15]。

3.3 推广应用 狮泉河盆地西部盐碱、沼泽地区以风蚀为主;中部形成斑块状积沙区,表现为零星分布的沙丘和灌丛沙堆,风沙危害以沙丘前移为主;其他广大戈壁区除局部地区存在风沙沉积、沙丘前移过程外,大部分区域以风蚀和戈壁风沙流过程为主^[4]。经过多次治理和研究,该地区形成了由砾石沙障、防护林带、人工草地和灌溉工程组成的风沙灾害治理工程^[1]。花棒和杨柴耐旱、耐瘠薄、抗风蚀,可在砾石

沙障和防护林带间合理种植^[16],构建生物活沙障防护体系,改善小气候,提高整个栽植体系防风固沙和植被恢复效果,发挥生态效益。同时,花棒和杨柴枝叶茂盛,营养丰富,播种后 3 年即可刈割,干青草粉碎后是良好的牲畜饲料,有独特的经济价值。

参考文献

- [1] 张春来,邹学勇,刘玉璋,等.狮泉河盆地风沙灾害成因及其防治[J].自然灾害学报,2006,15(2):1-9.
- [2] 金炯,董光荣,邵立业.阿里地区狮泉河镇风沙危害与整治规划[J].中国沙漠,1991,11(3):20-28.
- [3] 刘志民.西藏日喀则固沙植物引种的比较研究[J].中国沙漠,1996,16(3):326-330.
- [4] 张春来,邹学勇,靳鹤龄,等.狮泉河盆地第二期风沙灾害整治研究[J].中国沙漠,2001,21(2):157-163.
- [5] 郝超,刘东林,王建梅.榆林沙区飞播造林治沙的形势与对策[J].防护林科技,2013(4):40-41.
- [6] 幸福梅,柳文杰,王玉婷,等.平茬对西藏阿里地区班公柳和秀丽水柏枝人工林生长的影响[J].东北林业大学学报,2021,49(11):35-38.
- [7] 康志鸿.阿里地区草原分布及其利用现状[J].西藏农业科技,1989(1):47-52.
- [8] 古松.花棒、杨柴、毛条苗期生长特性与气候因子的关系[J].干旱区研究,1994,11(2):60-63.
- [9] 王春杰,朱志梅,张仁慧,等.陕北榆林地区沙漠化土壤理化性质、土壤酶活性及其与植物 C、N 的关系[J].水土保持通报,2010,30(5):57-62.
- [10] 王彦武,廖超英,孙长忠,等.毛乌素沙地固沙林土壤化学性质差异[J].土壤通报,2009,40(4):776-780.
- [11] 洪光宇,王晓江,刘果厚,等.毛乌素沙地杨柴灌木林土壤水分对不同降雨格局的响应[J].水土保持通报,2021,41(2):76-83,121.
- [12] 唐永康,郭双生,林杉,等.低压环境中植物的生长特性及适应机理研究进展[J].植物生态学报,2011,35(8):872-881.
- [13] SCHWARTZKOPF S H, GROTE J R, STROUP T L. Design of a low atmospheric pressure plant growth chamber [C]//SAE Technical Paper Series. Warrendale, PA, United States: SAE International, 1995.
- [14] 杨伟,孙婧瑜,王建梅,等.毛乌素沙地榆林沙区退化飞播灌木林平茬复壮效果分析[J].防护林科技,2019(2):1-2.
- [15] 金红宇,徐文娣,陈国雄.花棒生理生态研究及其展望[J].西北农业学报,2018,27(11):1563-1577.
- [16] 赵国平,尼马平措,李军保,等.一种高海拔戈壁风沙滩区班公柳扦插治沙方法:CN201510515320.5[P].2015-12-02.

(上接第 103 页)

参考文献

- [1] 刘艳会,刘金福,何中声,等.基于戴云山固定样地黄山松群落物种组成与结构研究[J].广西植物,2017,37(7):881-890.
- [2] 李左玉.寿宁县黄山松林分结构初探[J].林业勘察设计,2019,39(4):26-29.
- [3] 方全.江西天然针叶林群落特征研究[D].南昌:南昌大学,2016.
- [4] 郑天才,张建设,董卉卉,等.黄山松人工林生长规律研究[J].绿色科技,2019(15):230-231,233.
- [5] 朱成琦.皖西大别山区典型森林群落结构与碳储量研究[D].合肥:安徽农业大学,2019.
- [6] 邱林,张建设,郑天才,等.间伐对不同龄级黄山松人工林生长的影响[J].林业资源管理,2019(1):44-51.
- [7] 邢聪,江蓝,何中声,等.戴云山不同海拔黄山松群落的高度级结构研究[J].森林与环境学报,2019,39(4):380-385.
- [8] 田晓萍,占玉芳,马力,等.河西走廊沙漠人工林群落结构特征[J].林业科技通讯,2021(6):35-39.
- [9] 刘纪建,李明君.华北人工林资源现状、问题分析和经营对策[J].现代园艺,2017(13):44-45.
- [10] 蔡群.黄山市人工林现状及近自然经营探讨[J].绿色科技,2019(7):63-64.
- [11] 张馨予.我国工业人工林培育现状及其在林业建设中的战略意义[J].林业科技情报,2018,50(4):40-41.
- [12] 张浩洋.我国人工林经营现状与健康经营途径探讨[J].防护林科技,2016(12):92-93.
- [13] 常晖.红松人工林近自然化改造的必要性及可行途径探讨[J].安徽农业科学,2013,41(1):181-182,240.
- [14] 郑晓晓.北京松山油松林群落特征研究[D].北京:北京林业大学,2020.
- [15] 巢林,洪滔,李健,等.中亚热带不同林龄杉木人工林径级结构与林下物种多样性分析[J].植物资源与环境学报,2015,24(2):88-96.
- [16] 韦彩丽,谢正生,邓丽婷,等.黄牛木种群空间分布格局研究[J].浙江林业科技,2021,41(2):1-7.
- [17] 谢春平,方文明.将石自然保护区乌冈栎群落组成与结构分析[J].西南林学院学报,2009,29(5):1-7.
- [18] 左政.长白山落叶松林多功能评价与经营:以金沟岭林场为例[D].北京:北京林业大学,2020.
- [19] 崔宁洁,陈小红,刘洋,等.不同林龄马尾松人工林林下灌木和草本多样性[J].生态学报,2014,34(15):4313-4323.
- [20] 方元平,项俊,刘聪,等.英山吴家山森林公园榉树种群结构[J].黄冈师范学院学报,2005,25(3):27-29,52.
- [21] 傅松玲,黄成林,曹恒生,等.黄山松更新特性与光因子关系的研究[J].应用生态学报,2000,11(6):801-804.
- [22] 张利权.浙江省松阳县黄山松种群的年龄结构与分布格局[J].植物生态学与地植物学学报,1990,14(4):328-335.
- [23] 郑世群,刘金福,冯雪萍,等.戴云山不同类型植物群落的物种多样性与稳定性研究[J].西北林学院学报,2016,31(6):50-57,64.
- [24] 王蒙.大别山区苔藓样品中的花粉组合及其与植被的关系[D].合肥:安徽大学,2019.
- [25] 许元科,吴初平,叶丽敏,等.景宁荒田湖林场黄山松与木荷混交林主要树种径级结构与空间分布格局研究[J].浙江林业科技,2019,39(5):10-16.