

华山松树干不同部位生物量对比研究

杨倩¹, 林国刘¹, 罗胤¹, 鲜明睿²

(1. 云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051; 2. 国家林业和草原局西南调查规划院, 云南 昆明 650031)

摘要: 通过采集 650 株不同径阶组华山松树干生物量样本, 对比分析不同径阶组内、不同阶组间树干、木材、树皮各部位生物量占比情况。结果表明: 华山松不同径阶组内, 树干、木材、树皮各部位生物量占比均呈现上部最小, 中部次之, 下部最大; 不同径阶组间, 随着径阶组增大, 树干、木材、树皮上部生物量占比逐渐增加, 中部生物量占比变化不大, 下部生物量占比逐渐减小。

关键词: 华山松; 树干不同部位; 生物量

Comparison on biomass in different parts of *Pinus armandii* trunk

YANG Qian¹, LIN Guoliu¹, LUO Yin¹, XIAN Mingrui²

(1. Yunnan Forestry Survey and Planning Institute, Kunming 650051;

2. Southwest Survey & Planning Institute of National Forestry and Grassland Administration, Kunming 650031)

Abstract: By collecting 650 trunk biomass samples of *Pinus armandii* with different diameter levels, the biomass ratios of trunk, wood, and bark within and among different diameter levels were compared and analyzed. The results showed that the percentage of biomass of trunk, wood and bark in the upper part was the smallest, the middle part was the second, and the lower part was the largest; among different diameter order groups, with the increase of diameter order group, the proportion of upper biomass of trunk, wood and bark gradually increased, the proportion of middle biomass did not change much, and the proportion of lower biomass gradually decreased.

Key word: *Pinus armandii*; different parts of trunk; biomass

生物量 (Biomass) 是指一定时间内单位面积所含的一个或一个以上生物种或一个生物地理群落中所有生物有机体的总干物质质量^[1]。森林生物量即森林生态系统积累的有机物质的总量, 反映了群落的健康状况及水分养分的利用效率, 对研究森林生态系统物质与能量循环具有重要作用^[2-3]。

华山松 (*Pinus armandii*) 是松属单维管束五针松组 (sect. *Cembra* Spach) 中的常绿乔木, 为我国特有的乡土针叶树种^[4], 在我国四川、青海、云南、台湾和西藏等地均有分布, 生存的海拔范围从 1 000~3 300m^[5]。霍达^[6]、李元玖^[7]、袁丽萍^[8]、曹欣媛^[9]等对华山松林分结构、碳储量、碳密度、生物量等作了研究; 林国刘^[10]、侯芳^[11]等对云南松、华山松、滇油杉等生物量不同器官生物量进行了研究, 研究表明: 树干生物量是全树生物量重要组成部分, 占比最大。在以往的研究中, 针对华山松树干不同部位的研究未见报道。因此, 开展华山松树干生物量研究对测算森林生物量具有重要意义, 同时也为华山松的森林经营和稳碳增汇

提供参考。

1 研究区域概况

云南省地处中国西南边陲, 位于东经 97°31'—106°11', 北纬 21°8'—29°15' 之间, 北回归线横贯本省南部, 属低纬度内陆地区。全省国土总面积 39.41 万 km², 辖 16 个州 (市)、129 个县 (市、区)。全省地势呈西北高、东南低, 自北向南呈阶梯状逐级下降, 最高海拔 6 740 m, 最低海拔 76.4 m。全省气候基本属于亚热带高原季风型, 立体气候特点显著, 最热 (七月) 月均温在 19~22℃ 之间, 最冷 (一月) 月均温在 6~8℃ 之间, 年温差一般只有 10~12℃; 全省干湿季节分明, 湿季 (雨季) 为 5—10 月, 集中了 85% 的降雨量; 干季 (旱季) 为 11 月至次年 4 月, 降水量只占全年的 15%^[12]。

华山松是全省主要乔木树种之一, 分布于全省 16 个州 (市) 100 余个县 (市、区)。根据云南省 2020 年森林资源主要指标监测结果,

收稿日期: 2023-12-23

作者简介: 杨倩, 女, 工程师, 主要从事林业调查规划工作。

通信作者: 林国刘, 男, 高级工程师, 从事林业草原调查规划工作。

全省森林面积 2 493.580 9 万 hm^2 ，森林覆盖率 65.04%，活立木蓄积量 20.896 3 亿 m^3 ，森林蓄积 20.674 7 亿 m^3 。乔木林是森林资源的主体，全省乔木林面积 2 218.182 9 万 hm^2 ，占全省森林面积的 88.96%，蓄积 20.674 7 亿 m^3 。乔木林中，优势树种为华山松的面积 78.171 5 万 hm^2 ，蓄积 0.632 8 亿 m^3 ，分别占乔木林面积的 3.52%，乔木林蓄积的 3.06%^[13]。

2 数据与方法

2.1 数据来源

2.1.1 样本选取

基于华山松在全省的分布状况，结合不同生长条件，在全省范围内选取径阶 (D) 为 8、10、12、14、16、18、20、24、28、32、36、 ≥ 40 cm 的 12 个径阶组标准木作为生物量研究样本，样本的树干作为研究样本。根据华山松生长特性及现实林分的直径将径阶距确定为 2 cm 或 4 cm，即 8 cm(7.0~8.9cm)、10 cm(9.0~10.9cm)、12 cm(11.0~12.9cm)、14 cm(13.0~14.9cm)、16 cm(15.0~16.9cm)、18 cm(17.0~18.9cm)、20 cm(19.0~21.9cm)、24 cm(22.0~25.9cm)、28 cm(26.0~29.9cm)、32 cm(30.0~33.9cm)、36 cm(34.0~37.9cm)、 ≥ 40 cm(38 cm 以上)。每个径阶组分 5 个树高级，各选取 10~16 株样本， $D \leq 20$ cm 每个树高级各选取 10 株； $24 \leq D \leq 36$ cm 每个树高级各选取 11 株； $D \geq 40$ cm 每个树高级选取 16 株。华山松生物量样本共计 650 株 (表 1)。

表 1 华山松径阶组样本株数

径阶/cm	样本/株	径阶/cm	样本/株
8	50	20	50
10	50	24	55
12	50	28	55
14	50	32	55
16	50	36	55
18	50	≥ 40	80
		小计	650

2.1.2 样本鲜重调查

将选取的样本伐倒后，剔除所有枝叶 (包括活枝、死枝)，形成研究样本，测出样本长度，将其十等分，确定出 10 个分接处的位置，将样本分为

3 个部位，即：上部 (5/10 以上)、中部 (2/10 ~ 5/10 之间)、下部 (0 ~ 2/10 之间) (图 1)，在 5/10、2/10 处断开，分别称量各部分鲜重。

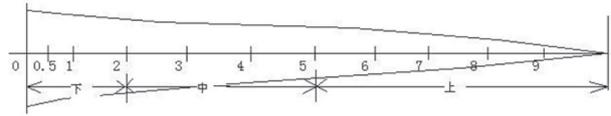


图 1 树干鲜重分段示意图

2.1.3 样品采集

在树干的上、中、下部位的中间位置，即 1/10、3.5/10、7/10 处两侧各锯取 1 个 3~5 cm 厚度圆盘 (上、中、下 6 个)，圆盘重量不少于 500 g，分别记录为 A (左侧) 和 B (右侧)，树干过大时只靠下侧锯 1 个圆盘，然后再截取角度 30° 以上的 2 个扇形块 (每个扇形块重量不少于 500 g)。用天平先称量每个圆盘的总鲜重，然后将树皮剥离，分别称量木材和树皮鲜重，样品称量精度要求为 0.1 g，最后将木材和树皮分别装袋带回实验室测定含水率。

2.2 数据处理

2.2.1 样本鲜重处理

(1) 树干鲜重。按照径阶组划分，分别计算样本上、中、下三个部位的平均鲜重。

(2) 木材鲜重。按照上、中、下三个部位，将外业调查的圆盘总鲜重和木材鲜重通过加权法计算出木材鲜重比例，用树干鲜重乘以木材鲜重比例，得到木材鲜重，通过计算平均值得到不同径阶组各部位木材平均鲜重。

(3) 树皮鲜重：树干鲜重减去木材鲜重得到树皮鲜重，计算不同径阶组各部位平均值。

通过径阶组内每个样本各部位鲜重计算出各径阶组内平均鲜重 (表 2)。

2.2.2 样品烘干处理

将外业采集的样品先在 105℃ 恒温下烘烤 2 h，再在 85℃ 恒温下烘烤 12 h 或 24 h 进行第一次称重 (直径 10 cm 以下的样品和树皮、树叶样品烘 12 h，直径 10 cm 以上样品烘 24 h)，然后每隔 2 h 称重 1 次，直至两次重量相对误差 $\leq 1.0\%$ 时，将样品取出放入玻璃干燥器皿内冷却至室温再称其干重。

2.2.3 含水率计算

根据外业样品采样鲜重和实验室测定的干重计算出每个样品含水率，含水率计算公式：

$$\text{样品含水率} = \frac{\text{鲜重} - \text{干重}}{\text{鲜重}} \times 100\% \quad (1)$$

表2 不同径阶组各部位平均鲜重

径阶 /cm	树干上部 /kg	树干中部 /kg	树干下部 /kg	木材上部 /kg	木材中部 /kg	木材下部 /kg	树皮上部 /kg	树皮中部 /kg	树皮下部 /kg
8	3.99	7.41	8.35	2.94	5.8	6.39	1.05	1.61	1.96
10	6.78	12.6	13.51	5.09	10.03	10.63	1.69	2.57	2.88
12	11.6	20.9	21.66	9.21	17.16	17.54	2.39	3.74	4.12
14	17.27	31.18	31.16	13.72	25.58	25.03	3.55	5.6	6.13
16	27.46	46.75	46.94	22.26	39.15	38.55	5.2	7.6	8.39
18	40.71	66.08	67.48	33.43	55.11	56.77	7.28	10.97	10.71
20	55.17	86.19	88.12	45.71	72.22	74.15	9.46	13.97	13.97
24	82.71	128.68	131.36	68.88	109.36	112.08	13.83	19.32	19.28
28	114.87	180.89	182.77	96.06	153.59	155.37	18.81	27.3	27.4
32	169.93	266.96	262.17	144.91	228.3	226.8	25.02	38.66	35.37
36	214.58	337.81	330.97	184.6	293.68	289.72	29.98	44.13	41.25
≥ 40	330.82	498.22	495.88	285.5	431.47	435.57	45.32	66.75	60.31

通过各部位样品 A、样品 B 的含水率和鲜重，
计算各部位含水率，计算公式：

$$\text{样本各部位含水率} = \frac{\text{样品 A 含水率} \times \text{样品 A 鲜重} + \text{样品 B 含水率} \times \text{样品 B 鲜重}}{\text{样品 A 鲜重} + \text{样品 B 鲜重}} \quad (2)$$

通过各样本不同部位含水率计算出径阶组内各
部位平均含水率（表 3）

表3 不同径阶组各部位平均含水率

径阶 /cm	树干上部 /%	树干中部 /%	树干下部 /%	木材上部 /%	木材中部 /%	木材下部 /%	树皮上部 /%	树皮中部 /%	树皮下部 /%
8	62.92	61.66	56.71	61.5	61.44	58.15	66.73	62.44	52.33
10	62.15	60.86	56.11	60.83	60.67	57.76	65.95	61.78	50.5
12	63.18	62.2	57.46	62.36	62.58	59.99	65.81	60.72	47.6
14	62.6	61.95	57.71	61.84	62.83	60.14	65.08	58.4	47.89
16	63.26	62.26	59.18	62.79	62.92	61.54	65.3	59.7	48.36
18	63.72	61.33	59.8	63.43	61.92	61.91	65.03	58.68	49.16
20	63.1	59.85	58.37	62.88	60.69	61.85	64.01	55.64	45.77
24	62.53	60.35	59.53	62.84	61.72	61.91	60.98	53.09	45.97
28	61.78	60.25	58.85	61.8	61.71	61.36	61.72	52.41	44.96
32	61.85	59.22	60.1	62.06	61	62.61	61.01	49.91	44.21
36	60.77	58.32	59.61	61	60.01	62.28	59.77	48.07	42.31
≥ 40	60.35	57.68	59.31	60.6	59.24	63.96	59.19	48.13	42.63

2.2.4 生物量计算

根据样本各部位鲜重和平均含水率计算样本不
同部位的生物量。生物计算公式：

$$\text{生物量} = \text{鲜重} \times (1 - \text{含水率}) \quad (3)$$

通过各样本不同部位生物量计算出径阶组内各
部位平均生物量（表 4）。

2.3 研究方法

对比分析华山松不同径阶组内、不同径阶组间
树干上、中、下三个部位生物量占比情况；对比分
析华山松不同径阶组内、不同径阶组间木材上、中、
下三个部位生物量占比情况；对比分析华山松不同
径阶组内、不同径阶组间树皮上、中、下三个部位
生物量占比情况。

表 4 不同径组各部位平均生物量

径阶 /cm	树干上部 /kg	树干中部 /kg	树干下部 /kg	木材上部 /kg	木材中部 /kg	木材下部 /kg	树皮上部 /kg	树皮中部 /kg	树皮下部 /kg
8	1.48	2.84	3.61	1.13	2.24	2.67	0.35	0.6	0.93
10	2.57	4.93	5.93	1.99	3.94	4.49	0.58	0.98	1.43
12	4.27	7.9	9.21	3.47	6.42	7.02	0.82	1.47	2.16
14	6.46	11.86	13.18	5.24	9.51	9.98	1.24	2.33	3.19
16	10.09	17.64	19.16	8.28	14.52	14.83	1.8	3.06	4.33
18	14.77	25.55	27.13	12.23	20.99	21.62	2.55	4.53	5.44
20	20.36	34.61	36.68	16.97	28.39	28.29	3.4	6.2	7.58
24	30.99	51.02	53.16	25.6	41.86	42.69	5.4	9.06	10.42
28	43.9	71.9	75.21	36.69	58.81	60.03	7.2	12.99	15.08
32	64.83	108.87	104.61	54.98	89.04	84.8	9.76	19.36	19.73
36	84.18	140.8	133.68	71.99	117.44	109.28	12.06	22.92	23.8
≥ 40	131.17	210.85	201.77	112.49	175.87	156.98	18.5	34.62	34.6

3 结果分析

3.1 不同径阶组树干不同部位生物量对比分析

从不同径阶组内树干不同部位生物量占比分析(表 5), 树干上部生物量占比在 18.66%~24.12% 之间, 总体占比较小, 其中占比最小的径阶组为 8 cm, 占比 18.66%; 占比最大径

阶组为 ≥ 40 cm, 占比 24.12%。树干中部生物量占比在 35.82%~39.26% 之间, 总体占比较大, 其中占比最小的径阶组为 8 cm, 占比 35.82%; 占比最大径阶组为 36 cm, 占比 39.26%。树干下部生物量占比在 37.10%~45.52% 之间, 总体占比最大, 其中占比最小的径阶组为 ≥ 40 cm, 占比 37.10%; 占比最大径阶组为 8 cm, 占比 45.52%。

表 5 不同径阶组内树干不同部位生物量占比

径阶 /cm	树干总生物量 /kg	树干上部 /kg	树干中部 /kg	树干下部 /kg	树干上部占比 /%	树干中部占比 /%	树干下部占比 /%
8	7.93	1.48	2.84	3.61	18.66	35.82	45.52
10	13.43	2.57	4.93	5.93	19.14	36.71	44.15
12	21.38	4.27	7.90	9.21	19.97	36.95	43.08
14	31.50	6.46	11.86	13.18	20.51	37.65	41.84
16	46.89	10.09	17.64	19.16	21.52	37.62	40.86
18	67.45	14.77	25.55	27.13	21.90	37.88	40.22
20	91.65	20.36	34.61	36.68	22.21	37.76	40.03
24	135.17	30.99	51.02	53.16	22.93	37.75	39.32
28	191.01	43.90	71.90	75.21	22.98	37.64	39.38
32	278.31	64.83	108.87	104.61	23.29	39.12	37.59
36	358.66	84.18	140.80	133.68	23.47	39.26	37.27
≥ 40	543.79	131.17	210.85	201.77	24.12	38.78	37.10

从不同径阶组间树干不同部位生物量占比趋势(图 2)可以看出, 树干上部生物量占比随着径阶组增大, 占比增加, 且变化明显; 树干中部生物量占比随着径阶组增大, 占比增加, 变化总体不明显; 树干下部生物量占比随着径阶组增大, 总体占比减小, 变化较为明显。

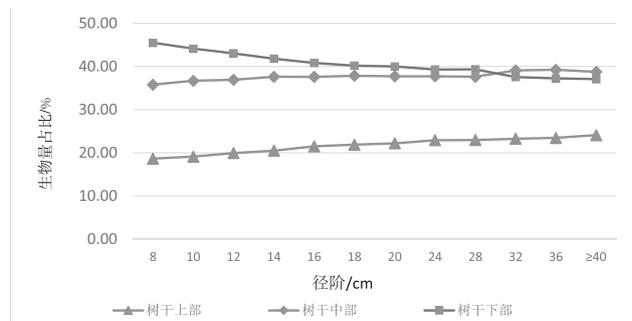


图 2 不同径阶组间树干不同部位生物量占比趋势图

3.2 不同径阶组木材不同部位对比分析

从不同径阶组内木材不同部位生物量占比分析(表 6), 木材上部生物量占比在 18.71%~25.26% 之间, 总体占比较小, 其中占比最小的径阶组为 8 cm, 占比 18.71%; 占比最大径阶组为 ≥ 40 cm, 占比 25.26%。木材中部生物量占比在 37.09%~39.49%

之间, 总体占比较大, 其中占比最小的径阶组为 8 cm, 占比 37.09%; 占比最大径阶组为 ≥ 40 cm, 占比 39.49%。木材下部生物量占比在 35.25%~44.21% 之间, 总体占比较大, 其中占比最小的径阶组为 ≥ 40 cm, 占比 35.25%; 占比最大径阶组为 8 cm, 占比 44.20%。

表 6 不同径阶组内木材不同部位生物量占比

径级 /cm	木材总生物量 /kg	木材上部 /kg	木材中部 /kg	木材下部 /kg	木材上部占比 /%	木材中部占比 /%	木材下部占比 /%
8	6.04	1.13	2.24	2.67	18.71	37.09	44.20
10	10.42	1.99	3.94	4.49	19.10	37.81	43.09
12	16.91	3.47	6.42	7.02	20.52	37.97	41.51
14	24.73	5.24	9.51	9.98	21.19	38.46	40.35
16	37.63	8.28	14.52	14.83	22.00	38.59	39.41
18	54.84	12.23	20.99	21.62	22.30	38.28	39.42
20	73.65	16.97	28.39	28.29	23.04	38.55	38.41
24	110.15	25.60	41.86	42.69	23.24	38.00	38.76
28	155.53	36.69	58.81	60.03	23.59	37.81	38.60
32	228.82	54.98	89.04	84.80	24.03	38.91	37.06
36	298.71	71.99	117.44	109.28	24.10	39.32	36.58
≥ 40	445.34	112.49	175.87	156.98	25.26	39.49	35.25

从不同径阶组间木材不同部位生物量占比趋势(图 3)可以看出, 木材上部生物量占比随着径阶组增大, 占比增加, 且变化明显; 木材中部生物量占比随着径阶组增大, 总体占比增加, 变化不明显; 木材下部生物量占比随着径阶组增大, 总体占比减小, 变化较为明显。

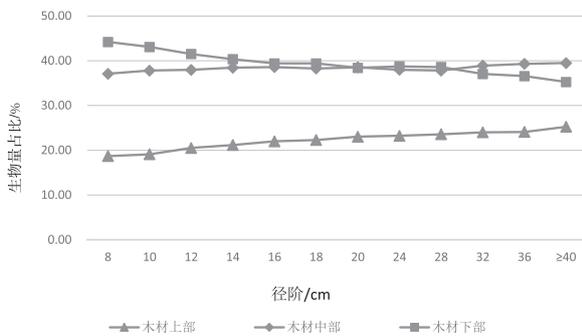


图 3 不同径阶组间木材不同部位生物量占比趋势图

3.3 不同径阶组树皮不同部位对比分析

从不同径阶组内树皮不同部位生物量占比分析(表 7), 树皮上部生物量占比在 18.34%~21.70% 之间, 总体占比较小, 其中占比最小的径阶组为 14 cm, 占比 18.34%; 占比最大径

阶组为 24 cm, 占比 21.70%。树皮中部生物量占比在 31.91%~39.47% 之间, 总体占比较大, 其中占比最小的径阶组为 8 cm, 占比 31.91%; 占比最大径阶组为 ≥ 40 cm, 占比 39.47%。树皮下部生物量占比在 39.44%~49.47% 之间, 总体占比最大, 其中占比最小的径阶组为 ≥ 40 cm, 占比 39.44%; 占比最大径阶组为 8 cm, 占比 49.47%。

从不同径阶组间树皮不同部位生物量占比趋势(图 4)可以看出, 树皮上部生物量占比总体变化不明显; 树皮中部生物量占比随着径阶组增大, 总体占比增加, 变化较明显; 树皮下部生物量占比随着径阶组增大, 总体占比减小, 变化较为明显。

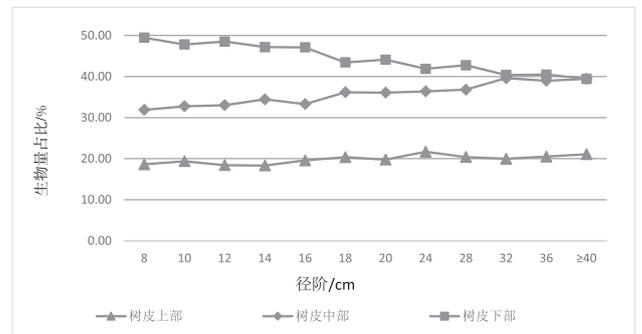


图 4 不同径阶组间树皮不同部位生物量占比趋势图

表 7 各径阶组内树皮不同部位占比统计

径阶 /cm	树皮总生物量 /kg	树皮上部 /kg	树皮中部 /kg	树皮下部 /kg	树皮上部占比 /%	树皮中部占比 /%	树皮下部占比 /%
8	1.88	0.35	0.60	0.93	18.62	31.91	49.47
10	2.99	0.58	0.98	1.43	19.40	32.78	47.82
12	4.45	0.82	1.47	2.16	18.43	33.03	48.54
14	6.76	1.24	2.33	3.19	18.34	34.47	47.19
16	9.19	1.80	3.06	4.33	19.59	33.30	47.11
18	12.52	2.55	4.53	5.44	20.37	36.18	43.45
20	17.18	3.40	6.20	7.58	19.79	36.09	44.12
24	24.88	5.40	9.06	10.42	21.70	36.41	41.89
28	35.27	7.20	12.99	15.08	20.41	36.83	42.76
32	48.85	9.76	19.36	19.73	19.98	39.63	40.39
36	58.78	12.06	22.92	23.80	20.52	38.99	40.49
≥ 40	87.72	18.50	34.62	34.60	21.09	39.47	39.44

4 结 论

通过以上分析可以看出, 华山松不同径阶组树干、木材、树皮不同部位生物量占比均存在差异。

不同径阶组内树干上部生物量占比较小, 仅占 18.66%~24.12%; 树干中部生物量占比较大, 占 35.82%~39.26%; 树干下部生物量占比最大, 占 37.10%~45.52%。木材上部生物量占比较小, 占 18.71%~25.26%; 木材中部生物量占比较大, 占 37.09%~39.49%; 木材下部生物量占比与木材中部接近, 占 35.25%~44.21%。树皮上部生物量占比较小, 占 18.34%~21.70% 之间; 树皮中部生物量占比较大, 占 31.91%~39.47%; 树皮下部生物量占比最大, 占 39.44%~49.47%。

不同径阶组间树干上部生物量随着径阶组增大, 占比明显增加; 树干中部生物量随着径阶组增大, 占比总体增加, 但变化不大; 树干下部生物量随着径阶组增大, 占比明显减小。木材上部生物量随着径阶组增大, 占比明显增加; 木材中部生物量随着径阶组增大, 占比总体增加, 但变化不大; 木材下部生物量随着径阶组增大, 占比明显减小。树皮上部生物量随着径阶组增大, 变化不大; 树皮中部生物量随着径阶组增大, 占比明显增加; 树皮下部生物量随着径阶组增大, 占比明显减小。

参考文献:

[1] 付梦瑶, 贺军钊, 宋良红, 等. 三门峡山区典型森林植被乔木层生物量动态研究 [J]. 河南科学, 2016, 34(3): 332-337.

[2] 薛立, 杨鹏. 森林生物量研究综述 [J]. 福建林学院学报, 2004, (3): 283-288.

[3] 程积民, 程杰, 高阳. 渭北黄土区不同立地条件下刺槐人工林群落生物量结构特征 [J]. 北京林业大学学报, 2014, 36(2): 15-21.

[4] 何斌, 李青, 刘勇. 草海国家级自然保护区华山松群落特征及物种多样性研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2020, 28(1): 44-52.

[5] 姚慧芳, 卢杰, 王超. 华山松研究进展及展望 [J]. 绿色科技, 2021, 23(1): 123-125+128.

[6] 霍达, 张喜, 罗扬, 等. 贵州华山松林分结构与碳储量动态 [J]. 林业科技开发, 2013, 27(3): 57-61.

[7] 李元玖, 陈奇伯, 熊好琴, 等. 滇中高原华山松人工林碳储量及固碳释氧效益 [J]. 中南林业科技大学学报, 2015, 35(2): 79-84.

[8] 袁丽萍. 云南云龙天池自然保护区华山松天然林生物量研究 [J]. 防护林科技, 2018, (08): 13-15.

[9] 曹欣媛, 袁丛军, 王浩东, 等. 乌蒙山不同龄组华山松林乔木层碳密度及固碳释氧能力 [J]. 贵州林业科技, 2023, 51(1): 31-38.

[10] 林国刘. 云南松不同径级组各部位生物量对比研究 [J]. 林业调查规划, 2022, 47(3): 27-32.

[11] 侯芳, 王克勤, 宋娅丽, 等. 滇中亚高山 5 种典型森林乔木层生物量及碳储量分配格局 [J]. 水土保持研究, 2018, 25(6): 29-35.

[12] 杨建林, 赵增昆. 云南年鉴 2021 [M]. 昆明: 云南年鉴社, 2021: 23-25.

[13] 吴彦奎. 云南森林资源年度监测: 2017-2020 年 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2021.