

湖南黄丰桥林场杉木速生丰产林健康评价*

陈春林 周国英** 吴毅 李红军 马琳

(中南林业科技大学 经济林培育与保护教育部重点实验室, 长沙 410004)

摘要 在科学性、整体性、代表性和可操作性原则的指导下,从二类调查等数据中选取 13 个评价指标,构建了杉木速生丰产林健康评价指标体系,并确定了其健康等级划分标准;评价了湖南黄丰桥林场 817 个杉木小班的健康状况。结果表明:该林场处于不健康、亚健康和健康状态的杉木小班数分别占总体小班数的 24.7%、57.3% 和 18.0%;幼龄林健康状态较差,中龄林稍好,过熟林普遍处在亚健康状态下,而近成熟林和成熟林健康状况相对较好。该评价结果可为该林场展开相关的健康经营措施提供参考。

关键词 杉木;速生丰产林;健康评价;等级划分

中图分类号 S718.5 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2012)11-2872-05

Health assessment of fast-growing and high-yielding *Cunninghamia lanceolata* plantations in Huangfengqiao Forest Farm of Hunan Province, South-central China. CHEN Chun-lin, ZHOU Guo-ying**, WU Yi, LI Hong-jun, MA Lin (Key Laboratory of Nonwood Forest Cultivation and Protection of the Ministry of Education, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2012, 31(11): 2872-2876.

Abstract: Based on the principles of scientificity, holism, representativeness, and operability, thirteen evaluation indices were selected from the second-class forest resources inventory data, and a health assessment index system of fast-growing and high-yielding *Cunninghamia lanceolata* plantations was constructed. In the meantime, the standard for classifying the *C. lanceolata* plantations health grade was ascertained, and the health status of the *C. lanceolata* plantations in 817 sub-compartments of Huangfengqiao Forest Farm in Hunan Province was evaluated. Among the sub-compartments, those in unhealthy, sub-healthy, and healthy occupied 24.7%, 57.3%, and 18.0% of total, respectively. Young plantations had a poorer health condition, middle-aged plantations were better, over-mature plantations were generally in sub-healthy, while near-mature and matured plantations were comparatively healthy. These results could provide reference for the health management of the *C. lanceolata* plantations in the Farm.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; fast-growing and high-yielding plantation; health assessment; grade classification.

杉木(*Cunninghamia lanceolata*),是我国特有的速生丰产林树种,广泛栽植于我国热带亚热带地区(杨玉盛等,1998),根据国家林业局第7次全国森林资源清查报告,我国现有杉木林 863.86 万 hm^2 ,占现有人工林面积的 21.35%,为现有人工林面积之首。然而,众多的研究表明,杉木林下植被单一,林分稳定性差(林开敏等,1997),连栽的杉木出现林下植物种类波动性的减少(杨超等,2011),土壤地力明显下降(方奇,1987;马祥庆等,2000;吴蔚东

等,2001;王清奎等,2005),养分利用效率下降(田大伦等,2011)等问题。

森林健康评价是当前热门的研究方向之一,可用来判断一个地区森林健康状况和森林经营趋势,是进行森林健康经营的重要基础(甘敬等,2006)。目前,关于森林健康的研究多侧重于天然林,对人工林的评价很少,而对杉木速生丰产林的评价则更少。因此,制定合理的指标体系,对我国杉木速生丰产林展开健康评价,可为杉木速生丰产林的健康管理措施的制定以及营林技术提供参考,也可为低质、低效林改造的依据。本研究首先构建了杉木速生丰产林

* 国家林业公益性科研专项(201004014)资助。

** 通讯作者 E-mail: gyzhou2118@163.com

收稿日期:2012-04-23 接受日期:2012-08-24

健康评价指标体系,通过样地法确定了健康等级划分标准,并以黄丰桥森林二类调查等数据为数据来源,对该林场杉木林进行了健康评价。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

湖南省攸县黄丰桥林场是湖南省重点杉木速生丰产林基地,地处湖南东南部,与江西交界,介于 $113^{\circ}09'E-113^{\circ}51'E, 26^{\circ}46'N-27^{\circ}26'N$,属于中亚热带季风气候区,年平均气温 $17.8^{\circ}C$,年平均降水量为 1410.8 mm 。该林场现有杉木面积 5400 hm^2 ,占用材林面积的 89.9% 。

1.2 研究方法

1.2.1 杉木小班数据收集 本文收集了湖南黄丰桥国有林场的二类调查,森林抚育补贴调查等数据,并从中筛选了4龄以上及优势树种为杉木的小班,共817个,面积为 4801.99 hm^2 。根据国家林业局《森林资源规划设计调查主要技术规定》的内容,将杉木林按龄组划分为:幼龄林(10年生以下)、中龄林(11~20年生)、近成熟林(21~25年生)、成熟林(26~35年生)和过熟林(36年生以上)。每个龄组的小班个数和面积见表1。

1.2.2 评价指标体系构建 参考现有森林健康评价的相关文献(肖风劲等,2003;任德智,2007;姬文元等,2009;沈剑波等,2011),在坚持科学性、整体性、代表性和可操作性原则的指导下,结合森林二类调查、森林抚育补贴调查等已有数据,通过理论分析及专家咨询,从森林活力、组织结构、持续力和抵抗力分析影响杉木健康的主要因素,确定杉木速生丰产林健康评价的指标体系(表2)。

在所选指标中有些指标为等级指标,参考国家相关的技术规定分别进行了赋值,其中天然林更新等级、群落结构、腐殖质厚度、土壤土层厚度等参考了国家林业局于2003年定制的《森林资源规划设计

表1 黄丰桥林场杉木小班统计

Table 1 *Cunninghamia lanceolata* subcompartment statistics for Huangfengqiao Forest Farm

	小班数(个)	面积(hm^2)
总体	817	4801.99
幼龄林	164	1067.10
中龄林	127	836.10
近成熟林	171	1020.57
成熟林	62	285.90
过熟林	293	1592.32

表2 杉木速生丰产林健康评价指标体系及指标说明

Table 2 Health assessment index system and index description of fast-growing and high-yield *Cunninghamia lanceolata* plantation

准则层	指标层	指标说明
活力 指标 B ₁	林分蓄积增长量 C ₁	公顷林分蓄积量与林龄的比值
	树高平均年增长量 C ₂	林分的平均胸径与林龄的比值
	胸径平均年增长量 C ₃	林分平均树高与林龄的比值
结构 指标 B ₂	天然林更新等级 C ₄	良好、中等、不良,分别赋值3、2、1
	群落结构类型 C ₅	完整、复杂、简单,分别赋值3、2、1
	郁闭度 C ₆	树冠垂直投影面积与林地面积的比值
	树种组成 C ₇	用树种组成数公式计算
持续力 指标 B ₃	每公顷株数 C ₈	每公顷小班的杉木株数
	腐殖质厚度 C ₉	厚、中、薄,分别赋值3、2、1
	土壤土层厚度 C ₁₀	厚层、中、薄,分别赋值3、2、1
抵抗力 指标 B ₄	土壤侵蚀程度 C ₁₁	轻度、中度和强度,分别赋值3、2、1
	抗病虫害能力 C ₁₂	I、II、III级,分别赋值3、2、1
	抗森林火灾能力 C ₁₃	I~V级,分别赋值5~1

调查主要技术规定》,土壤侵蚀程度参考了国家环保总局2002年发布的《生态功能区划技术暂行规程》,杉木人工林病虫害等级参考了国家林业局2002年发布的《森林病虫害预测预报管理办法》。抗森林火灾能力参考了汤宛地(2011)森林防火等级的方法,具体划分方法见表3。

树种组成指标可以反映林分所包含的树种和各树种的比例,因其用十分法记录,不好直接运用到健康评价中,本文选用了汤孟平等(2003)提出树种组成数的计算方法。计算方法如下:

$$Z = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

表3 杉木速生丰产林火险等级

Table 3 Fire danger grade of *Cunninghamia lanceolata* plantation

防火等级	赋值	坡向	坡度($^{\circ}$)	海拔(m)	林龄(a)
I	5	北、东北	≤ 5	>1400	中龄林和近成熟林
II	4	东、西北	6~15 缓坡	1 200~1400	成、过熟林
III	3	东南、西	16~25 斜坡	900~1200	造林地、阔叶幼龄林
IV	2	南、西南	26~35 陡坡	600~900	针叶幼龄林
V	1	无	≥ 36 急坡	<600	无

表4 黄丰桥林场杉木样地数据

Table 4 Sample data of *Cunninghamia lanceolata* plantation in Huangfengqiao Forest Farm

样地号	林龄	坡位	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃
1	4	下	0.28	0.23	0.43	3	1	0.3	0.00	2250	1	2	2	2	2
2	7	中	4.66	0.80	0.96	2	2	0.4	0.22	2250	1	2	1	1	2
3	9	下	6.75	0.84	1.01	2	1	0.6	0.00	2250	2	3	2	1	1
4	11	中	5.74	0.79	0.77	2	1	0.7	0.00	2420	2	2	2	3	2
5	17	下	15.66	0.83	0.79	3	2	0.7	0.00	2500	2	3	3	2	2
6	19	下	10.87	0.76	0.75	1	3	0.6	0.22	1750	3	3	2	3	4
7	21	上	9.74	0.64	0.76	2	2	0.7	0.00	1450	2	2	2	3	2
8	23	下	11.76	0.70	0.71	3	2	0.8	0.28	1600	3	2	3	3	4
9	24	上	14.69	0.75	0.76	2	2	0.7	0.00	1500	3	2	2	2	3
10	27	中	8.11	0.67	0.63	3	2	0.7	0.00	1000	2	2	2	1	5
11	31	中	6.51	0.55	0.60	2	3	0.7	0.14	900	3	2	3	3	3
12	34	中	11.55	0.63	0.71	3	2	0.8	0.00	800	2	3	2	2	4
13	36	中	9.65	0.63	0.71	3	2	0.7	0.14	650	2	2	3	3	5
14	37	下	8.46	0.64	0.66	2	3	0.8	0.00	600	2	3	2	2	2
15	37	中	7.79	0.60	0.66	2	2	0.7	0.28	600	3	3	3	3	3
16	6	上	0.16	0.33	0.27	1	2	0.2	0.22	2420	1	1	1	2	2
17	6	上	0.39	0.48	0.37	2	1	0.4	0.00	2900	1	1	2	1	1
18	8	下	1.30	0.66	0.58	1	1	0.5	0.00	1860	2	2	1	1	1
19	11	中	1.76	0.58	0.60	3	3	0.7	0.00	1700	1	1	2	2	3
20	16	上	1.81	0.45	0.47	1	2	0.6	0.00	1570	2	3	2	3	2
21	19	下	4.83	0.77	0.55	2	1	0.5	0.14	1600	1	2	2	1	3
22	21	中	4.04	0.64	0.44	3	2	0.8	0.00	1500	2	1	1	2	4
23	21	上	2.90	0.68	0.46	2	1	0.7	0.00	1320	2	2	2	3	3
24	24	上	4.71	0.64	0.45	2	2	0.5	0.00	1450	3	2	2	1	3
25	27	下	3.54	0.59	0.49	2	2	0.8	0.14	800	2	2	3	3	3
26	31	中	3.28	0.48	0.47	1	3	0.5	0.00	740	2	3	2	2	1
27	34	下	6.42	0.49	0.52	2	1	0.7	0.00	900	2	2	3	2	2
28	36	中	3.98	0.44	0.47	2	3	0.7	0.22	700	3	2	2	1	5
29	36	下	3.89	0.45	0.49	3	2	0.8	0.14	650	3	3	2	2	4
30	37	中	4.85	0.45	0.48	2	2	0.6	0.00	800	1	2	2	1	3

样地标号1~15为“健康”林分,16~30为“不健康”林分。

式中: Z 为树种的组成指数; n 为树种个数; P_i 为第*i*树种所占比例。

1.2.3 数据处理 由于选取的变量具有不同的单位和不同的变异程度,没有可比性,因此难以对它们直接评价,需对它们进行无量纲化处理。指标数据无量纲化的基本方法包括标准化处理法、极值处理法、线性比例法、归一化处理法、向量规范法等(郭亚军,2008),本文选用线性比例法,计算公式如下:

$$C'_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_{bj}}$$

式中: C'_{ij} 为无量纲化后的值; C_{ij} 为数据实测值; C_{bj} 为各指标的基准值。

1.2.4 基准值和低分值的确定 基准值和低分值主要用来判定小班中的评价指标好坏的值。对于基准值和低分值的确定方法有相关标准法、等距分组法、数据聚类分析法等(郭艳荣等,2011;崔国发等,2011)。本文对评价对象进行评价之前,分别选择了15个“健康”和“不健康”的杉木林样地,样地面积都为20 m×30 m,在样地内对指标体系中的每个

指标都进行细致的调查,对调查的数据进行整理,见表4。最后分别用“健康林”和“不健康林”指标的平均值来确定基准值和低分值,见表5。

1.2.5 指标权重的确定 权重的确定方法很多,当前运用于森林健康评价的主要有家咨询法、层次分析法、最大熵值法、主成分分析法、均方差综合分析法,其中层次分析法运用的最多(郭艳荣等,2012)。本文选用层次分析法,指标权重结果见表5。

表5 指标权重、基准值和低分值

Table 5 Index weight, reference and low value

指标	权重	基准值	低分值	指标	权重	基准值	低分值
C ₁	0.1376	8.81	3.19	C ₈	0.0431	1501	1394
C ₂	0.0794	0.67	0.54	C ₉	0.0922	2.20	1.87
C ₃	0.0794	0.73	0.47	C ₁₀	0.0754	2.40	1.93
C ₄	0.0458	2.33	1.93	C ₁₁	0.0618	2.27	1.93
C ₅	0.0868	2.00	1.87	C ₁₂	0.0809	2.27	1.80
C ₆	0.0582	0.66	0.60	C ₁₃	0.0809	2.93	2.67
C ₇	0.0785	0.08	0.06				

1.2.6 健康等级指数计算和评价等级划分

森林健康指数计算公式:

$$H(C_i) = \sum_{j=1}^{13} C_{ij}' \times W(C_j)$$

式中: $H(C_i)$ 为各小班森林健康指数; C_{ij}' 为指标 C_j 的样本无量纲值; $W(C_j)$ 为各指标的权重系数。

将各指标的基准值和低分值代入以上公式, 可分别得到健康、亚健康、病态的临界值, 可划分出杉木速生丰产林健康评价的等级(表6)。

2 结果与分析

利用森林健康指数计算公式对 817 个杉木小班进行健康评价, 并对结果进行健康等级划分, 将结果进行统计得到杉木速生丰产林健康评价结果(表7)。从表7可知, 处于不健康、亚健康和健康状态的小班数分别为 202 个、468 个和 147 个, 分别占总体小班数的 24.7%、57.3% 和 18.0%, 3 种状态的小班面积分别为 1137.9、2816.09 和 848 hm^2 , 分别占小班总面积的 23.7%、58.6% 和 17.7%, 所以黄丰桥林场的杉木林主要处于亚健康状态, 而健康的林分较少。

在黄丰桥林场的 164 个杉木幼龄林小班中, 有 97 个小班处于不健康状态, 占幼龄林小班总数的 59.1%, 面积为 617.6 hm^2 , 占幼龄林面积的 57.9%, 为所有龄组中不健康比例最大; 处于亚健康状态的小班, 分别占该组小班数和面积的 36.6% 和 38.4%; 而健康小班只占该组小班数和面积的 4.3% 和 3.7%, 在所有龄组中健康比例最少。说明

表6 杉木人工林健康等级划分标准

Table 6 *Cunninghamia lanceolata* plantation health classification

评价目标	不健康	亚健康	健康
健康指数	$H \leq 0.76$	$0.76 < H \leq 1.00$	$H > 1.00$

表7 杉木速生丰产林小班健康评价结果

Table 7 Sub-compartment health results of fast-growing and high-yield *Cunninghamia lanceolata* plantation

龄组	不健康		亚健康		健康	
	小班数	面积 (hm^2)	小班数	面积 (hm^2)	小班数	面积 (hm^2)
总体	202	1137.90	468	2816.09	147	848.00
幼龄林	97	617.60	60	409.80	7	39.70
中龄林	37	228.60	67	451.10	23	156.40
近成熟林	12	79.83	112	695.74	47	245.00
成熟林	5	24.60	32	147.70	25	113.60
过熟林	51	187.27	197	1111.75	45	293.30

幼龄林总体健康状态较差, 这主要因为在杉木造林的过程中采用了炼山造林, 造成了大量植被的破坏, 水土流失严重, 林分易遭受病虫害。

在 127 个杉木中龄林小班中有 37 个小班在不健康状态, 占小班个数的 29.1%, 这些小班面积和为 228.6 hm^2 , 占该组面积的 27.3%; 有 67 个小班, 409.8 hm^2 的中龄林处于亚健康状态, 占该组林分的过半以上; 剩下还有 23 个小班, 156.4 hm^2 的杉木林处于健康状态, 占小班数量和面积的 19.1% 和 18.7%。说明中龄林的不健康林分所占比例比幼龄林有所减少, 而健康林分所占比例有明显提高, 但多数小班还处于亚健康状态, 主要因为杉木进入中龄后杉木林迅速郁闭, 林分保持水土的能力有了很大提高, 同时抗病虫害和森林火灾能力也得到了加强。

黄丰桥林场中有杉木近成熟林小班 171 个, 面积为 1010.57 hm^2 , 在这些小班中, 不健康的小班只占小班数量和面积的 7.0% 和 7.8%; 亚健康状态的小班个数为 112 个, 面积为 695.74 hm^2 , 占该组小班数和面积的 65.5% 和 68.2%; 健康小班分别占小班数量和面积的 27.5% 和 24.0%。说明近成熟林健康状况继续变好, 这主要因为林场工人进行了间伐等抚育措施, 使林间郁闭度能控制在一定范围内, 杉木生长条件有了大大提高。

虽然黄丰桥林场的成熟杉木林小班个数较少, 只有 62 个, 所占面积也只有 285.9 hm^2 , 但是这些小班中健康的林分所占比例为所有龄组中最大, 为该组小班数和面积数的 40.3% 和 39.7%; 亚健康林分分别占该组小班数与面积的百分比为 51.6% 和 51.7%; 不健康小班分别占该组小班个数与面积的 8.1% 和 8.6%。说明进入成熟林后杉木林的健康状况有较大的好转, 林分趋向稳定。

在黄丰桥林场中, 过熟林小班有 293 个, 1592.32 hm^2 , 在所有龄组中小班数量最多, 面积最大, 但是过熟林的健康状况较成熟林有所降低, 其亚健康林分占了该组小班数量和面积的 67.2% 和 69.8%, 而健康林分只占该组小班数和面积的 15.4% 和 18.4%, 这是造成黄丰桥林场整体健康林少, 亚健康林多的主要原因。杉木进入过熟林后, 杉木逐渐老化, 长势变弱, 病虫害加重, 但林分组织结构逐渐变好, 土壤状况有所好转, 所以该林龄段的杉木林亚健康林分较多。

3 结论

在森林活力、组织结构、持续力和抵抗力几个准

则层下构建了包括13个评价指标的指标体系,用层次分析法计算了指标的权重,再用样地法确定了指标的基准值和低分值,最终划定了健康等级划分标准。

用健康指数计算公式计算了黄丰桥817个杉木小班的健康指数,结果发现,该林场大多数小班处于亚健康状态,而健康的林分较少,幼龄林总体健康状况较差,中龄林健康状况比幼龄林稍好,过熟林普遍处在亚健康状态,而近成熟林和成熟林健康状况相对较好。

评价得到的黄丰桥杉木小班健康状况可为该林场展开相关的健康经营措施提供依据,特别是对处于不健康的小班急需加强人工修复,提高杉木生产力,增强森林的生态功能。

本文选定的杉木速生丰产林健康评价指标体系主要基于森林二类调查数据,可操作性强,可用于其他地区杉木人工林的健康评价,也能为其他人工林健康评价提供参考,但我国森林资源调查对灌木层和草本层的监测数据相对较少,所以本文的评价体系中缺少灌草层的指标,对整体森林健康结果可能会有一些影响。

参考文献

- 崔国发,邢韶华,姬文元,等. 2011. 森林资源可持续状况评价方法. 生态学报, **31**(19): 5524-5530.
- 方奇. 1987. 杉木连栽对土壤肥力及其林木生长的影响. 林业科学, **23**(4): 389-397.
- 甘敬,张振明,余新晓,等. 2006. 森林健康监测与评价研究. 水土保持研究, **13**(3): 177-180.
- 郭亚军,易平涛. 2008. 线性无量纲化方法的性质分析. 统计研究, **25**(2): 93-100.
- 郭艳荣,铁牛,张秋良,等. 2012. 内蒙古中部山地油松人工林健康评价研究——以蛮汉山油松人工林为例.

- 干旱区资源与环境, **26**(2): 145-150.
- 郭艳荣,铁牛,张秋良. 2011. 森林健康评价研究综述. 林业调查规划, **36**(1): 26-30.
- 姬文元,邢韶华,郭宁,等. 2009. 川西米亚罗林区云冷杉林健康状况评价. 林业科学, **45**(3): 13-18.
- 林开敏,张文富,谢国阳,等. 1997. 老龄杉木林下天然更新阔叶植物多样性研究. 福建林学院学报, **17**(4): 313-317.
- 马祥庆,范少辉,刘爱琴,等. 2000. 不同栽植代数杉木人工林土壤肥力的比较研究. 林业科学研究, **13**(6): 577-582.
- 任德智,刘悦翠. 2007. 区域森林资源健康评价指标体系研究. 西北林学院学报, (2): 194-199.
- 沈剑波,雷相东,舒清态,等. 2011. 国内外森林健康评价指标体系综述. 科技导报, **29**(33): 72-79.
- 汤孟平,唐守正,李希菲,等. 2003. 树种组成指数及其应用. 林业资源管理, **4**(2): 33-36.
- 汤宛地,袁菲. 2011. 浅析森林火灾干扰指标在森林健康评价中的作用. 森林防火, (1): 35-38.
- 田大伦,沈燕,康文星,等. 2011. 连栽第1和第2代杉木人工林养分循环的比较. 生态学报, **31**(17): 5025-5032.
- 王清奎,汪思龙,高洪,等. 2005. 杉木人工林土壤活性有机质变化特征. 应用生态学报, **16**(7): 1270-1274.
- 吴蔚东,张桃林,高超,等. 2001. 红壤地区杉木人工林土壤肥力质量性状的演变. 土壤学报, **38**(3): 285-294.
- 肖风劲,欧阳华,傅伯杰,等. 2003. 森林生态系统健康评价指标及其在中国的应用. 地理学报, **58**(6): 803-809.
- 杨超,田大伦,胡曰利,等. 2011. 连栽杉木林林下植被生物量动态格局. 生态学报, **31**(10): 2737-2747.
- 杨玉盛,邱仁辉,俞新妥. 1998. 影响杉木人工林可持续经营因素探讨. 自然资源学报, **13**(1): 34-39.

作者简介 陈春林,男,1986年生,硕士研究生,主要从事森林保护方面的研究. E-mail: chunlinyx@163.com

责任编辑 王伟