

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2016.02.002

川中丘陵区人工柏木林健康评价

胥平¹, 慕乘³, 龚固堂², 朱志芳², 黎燕琼², 吴雪仙², 郑绍伟², 慕长龙^{2*}

(1. 盐亭县林业局, 四川 盐亭 621600; 2. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081;
3. 成都市第七中学, 四川 成都 600041)

摘要:以实地调查为基础,应用SPSS 18.0数学统计软件,采用定性与定量相结合的方法确定人工柏木林健康评价指标体系,包括结构性指标、功能性指标、适应性和环境指标4大类15个指标,分别使用主成份分析法和层次分析法赋予指标权重,对川中丘陵区126个野外样地进行森林健康评价。结果表明,两种方法的评价结果基本类似,均是亚健康和不健康的林分占绝大多数(分别为71.43%和61.90%);健康等级为优质的林分数量很少,两种方法评价结果分别为6个和9个,占4.76%和7.14%。需对川中丘陵区大多数人工柏木林分采取切实可行的森林经营管理措施,提高经营管理水平,以发挥该区域人工柏木林更大的生态、经济和社会综合效益。

关键词:川中丘陵区;柏木林;健康评价;指标体系

中图分类号:S718 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2016)02-0004-08

Health Assessment of Artificial *Cypress funebris* Forests in Hilly Areas of Central Sichuan

XU Ping¹ MU Cheng³ GONG Gu-tang² ZHU Zhi-fang² LI Yan-qiong²
WU Xue-xian² ZHENG Shao-wei² MU Chang-long^{2*}

(1. Forestry bureau of Yanting County, Yanting 621600, Sichuan; 2. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China; 3. Chengdu No. 7 Middle School, Chengdu 600041, China)

Abstract: In this paper, on the basis of field investigation, and by using SPSS 18.0 mathematical statistics software, and adopting the combination of qualitative and quantitative method, the artificial *Cypress funebris* health evaluation index system was determined, including 4 categories such as structural, functional, adaptab environmental indicators and tollalling indicators. In the meantime, using principal component analysis method and analytic hierarchy process (ahp) with index weights, the forest health assessment was conducted on 126 wild samples in the upper hillside area. Results showed that the evaluation results of two methods were basially similar; the healthy and unhealthy stands occupied the vast majority (71.43% and 61.90%, respectively); the high quality stand was few in number, and the evaluation results of two methods were 6 and 9, respectively, occupying 4.76% and 7.14%. For upper hilly-gully regions' most artificial cedar forest, feasible forest management measures should be implemented to improve the level of management in order to get more ecological, economic and social comprehensive benefits of artificial *Cypress funebris*.

Key words: Hilly Area of Central Sichuan, *Cypress funebris*, Health assessment, Evaluation index system

收稿日期:2016-01-15

基金项目:国家科技支撑计划项目“川中丘陵区防护林构建与综合管理技术研究示范”(No. 2015BAD07B0402)。

作者简介:胥平(1958-),男,四川盐亭人,工程师,主要从事森林管护工作。E-mail:295454166@qq.com。

* 通讯作者:慕长龙(1964-),男,重庆江津人,博士,研究员,博士生导师,主要从事森林生态、森林培育和城市森林研究工作。

川中丘陵区的柏木(*Cypressus funebris*)纯林一部分是20世纪70年代营造的,另一部分是启动长江防护林建设一期工程而营造的桉柏混交林退化后形成的。这些柏木纯林大多密度过大,林下植被稀少,盖度较低,且天然更新不良,林分稳定性差,生态功能得不到充分发挥。森林健康的概念是德国于20世纪70年代末期源于其森林的衰退现象首先提出来的^[1~3]。森林健康的概念有广义的和狭义两种,狭义的森林健康主要强调的是森林有无病虫害及火灾威胁,而广义的森林健康则主要针对区域及森林生态系统,要求森林资源既能满足人类合理的需要,又能保持自身的稳定性和健康发育,这类的森林方为健康森林^[4]。关于森林生态系统健康评价指标体系,国内外专家做了大量研究,但这样些评价指标体系大多针对性强,可操作性不强,适用范围不广,因而不利于生产实践的推广。以森林资源二类调查数据为基础,通过对川中丘陵区柏木纯林健康评价研究,提出一套科学、合理、实用的森林生态系统健康评价指标体系并对该区域的柏木林分进行健康评价,为下一步森林健康经营提供科学依据。

1 研究区概况

川中丘陵区位于四川盆地中部,龙泉山以东,华蓥山以西,剑阁、苍溪、仪陇等县以南,长江以北。包含9个地级市的49个县(市)。国土面积1 200万 hm^2 ,其中耕地面积占29.5%,林地面积占21.3%,水域面积占7.5%。在紫色丘陵区低山占21.4%,中丘占25.5%,深丘占25.5%^[5]。大部分地区海拔350 m~700 m。川中丘陵区素有“红色盆地”之称,这里广泛分盛开的紫色泥页岩和砂石岩地层,极易风化崩解破碎,成土过程快,土壤抗蚀力弱^[6]。川中丘陵区是四川乃至长江上游最重要的农业区域,同时也是水土流失最为严重的区域之一。

2 数据来源

2.1 样地调查

在川中丘陵区具有代表性的绵阳游仙区、盐亭县、阆中市、乐至县、射洪县等县(市)共设置126个柏木纯林样地,林分年龄10 a~70 a,每个样地面积大小为400 m^2 。样地分布采用随机抽样布设,样地大小为20 m×20 m,并在其中设置4个2 m×2 m灌木小样方,在各灌木小样方中再套用1 m×1 m的

草本小样方。每个样地设置3个土壤剖面,每个剖面取3个土样。样地调查内容和方法为:

(1)立地条件调查,包括林分起源、郁闭度、海拔、经纬度、坡度、坡位、坡向、土壤类型、土层厚等环境因子;

(2)乔木层调查,采用每木检尺,调查内容包括树种名称、树高、胸径等;

(3)灌木层调查,调查内容包括灌木层盖度、种类、高度以及乔木更新情况等;

(4)草本层调查,调查内容包括草本层盖度、种类、高度等;

(5)凋落物、腐殖质调查,在样地内坡上、中、下各均匀设置面积为1 m×1 m的小样方3个,用铲子划出边界,钢尺测量腐殖质层和凋落物层厚度,估算凋落物层盖度;

(6)土壤状况调查,在样地内的上、中、下坡位,各挖一个典型剖面,在剖面内0~20 cm土层中部用环刀取土,并重复两次,用于测量土层厚度、土壤孔隙度等物理性质,再取少量土样装入塑封袋带回实验室,测其土壤有机质等化学性质。

2.2 森林资源二类调查数据

本研究数据在样地调查的基础上,并结合四川省第六次森林资源二类调查数据,进行森林健康评价。

3 森林健康评价指标体系的构建

3.1 指标构建原则

指标体系的建立是森林生态系统健康评价的首要的和关键的步骤,指标体系建立的好坏直接影响到评价结果的科学性和准确程度。国内外研究森林健康评价的指标众多,在实际评价中不可能应用全部指标,应根据所研究对象的特点,选取的指标应能反映森林生态系统特点的主要因素^[7]。森林健康评价指标体系应遵循以下原则:

(1)科学性。评价指标应能真实反映森林生态环境的本质特征,指标的生物意义必须明确,测算方法标准,统计方法规范。

(2)可测性。各项指标要便于测量,易于量化。

(3)代表性。评价指标应能代表森林生态环境本身固有的自然属性、森林生态系统特征,并能反映生态环境的变化趋势及其受干扰和破坏的敏感性。

(4)系统性。各项指标要能全面、准确、系统地反映出被评价对象的整体情况。

(5)独立性。各项指标间应相互独立,不应存在包含、交叉关系以及大同小异。

(6)可比性。各项指标之间具有相同的计算口径和计算范围,量纲易于统一。

(7)简便性。评价指标体系要尽可能精简,节约评价成本。

3.2 评价指标的选取

本研究在对国内外现有研究成果^[8-13]进行系统分析和整合的基础上,用复合结构功能指标法,结合川中丘陵区的实际情况,构建川中丘陵区柏木人工林森林健康评价指标体系,初步筛选了22个指标,包括林分起源(x1)、群落结构(x2)、海拔(x3)、坡位(x4)、坡向(x5)、坡度(x6)、年龄结构(x7)、土壤类型(x8)、郁闭度(x9)、灌木盖度(x10)、草本盖度(x11)、更新幼苗株数(x12)、平均胸径(x13)、平均树高(x14)、公顷蓄积(x15)、公顷株数(x16)、干扰程度(x17)、病虫害(x18)、土层厚(x19)、土壤侵蚀状况(x20)、枯落物厚度(x21)、枯落物盖度(x22)。这22个指标值均可从森林资源二类调查数据获得。

3.3 评价指标筛选

初选出的22个指标基本上符合科学性、代表性、系统性、可测性等原则。但为了避免指标之间涵盖的信息有重复性,需要进一步筛选。本研究采用定性和定量相结合的方法对上述22个指标进行筛选。

3.3.1 指标的定量筛选

森林健康评价指标不仅多而且复杂,各指标之间极有可能存在相关性,如果直接应用该指标体系,势必会使被评价对象反映的信息有所重复。需要寻找一个合理的方法,用尽可能少的指标,但又能减少指标包含信息的损失。主成分分析法就是这样一种降维的方法,可对初步选取的指标进行筛选,将多项相关的指标简化为较少的独立的主成分。

应用SPSS18.0软件中的Analyze/Data Reduction/Factor过程对初选出的森林健康各评价指标进行分析,计算结果分别见表1和表2。从主成份的统计信息(表1)可以看出,前6个主成份的特征值分别为5.008、4.399、2.620、2.191、1.464、1.076,它们的解释占总变异的百分比分别为22.764%、19.997%、11.908%、9.961%、6.655%、4.891%。前6个主成份的特征值都大于1,累计贡献率达到76.174%,因此取前6主成分为综合评价指标是符合统计学原理的。

表1 健康评价因子主成分的方差解释表

主成分	特征值	贡献率(%)	累积贡献率(%)
x1	5.008	22.764	22.764
x2	4.399	19.997	42.760
x3	2.620	11.908	54.668
x4	2.191	9.961	64.629
x5	1.461	6.655	71.283
x6	1.076	4.891	76.174
x7	0.984	4.474	80.648
x8	0.892	4.055	84.703
x9	0.794	3.610	88.313
x10	0.713	3.241	91.554
x11	0.456	2.071	93.625
x12	0.339	1.542	95.167
x13	0.282	1.283	96.450
x14	0.213	0.969	97.420
x15	0.184	0.837	98.257
x16	0.162	0.738	98.995
x17	0.008024	0.365	99.359
x18	0.006725	0.306	99.665
x19	0.004491	0.204	99.869
x20	0.001569	0.007130	99.394
x21	0.00730	0.003320	99.974
x22	0.005788	0.002631	100.00

从因子负荷矩阵信息(表2)可以看出,第一主成分包含年龄结构(x7)、平均胸径(x13)、平均树高(x14)、公顷蓄积(x15)的信息,第一主成分可作为森林群落特性的描述指标;第二主成份包含坡度(x6)、郁闭度(x9)、土壤侵蚀状况(x20)、枯落物盖度(x22)的信息;第三主成份包含海拔(x3)、枯落物厚度(x21)、枯落物盖度(x22)的信息;第四主成分包含土层厚(x19)、灌木盖度(x10)的信息;第五主成分包含公顷株数(x16)、干扰程度(x17)的信息;第六主成份包含草本盖度(x11)、更新幼苗株数(x12)。

3.3.2 指标的定性筛选

在应用SPSS统计软件对指标进行定量分析筛选后,还应该充分考虑到指标的可操作性、应用性和全面性。筛选的最终目的不仅要使指标反映的信息全面,而且要避免指标间的信息重复,从而得出更为准确、合理的评价结果。从主成分分析结果可以看出,坡度x6、年龄结构x7、郁闭度x9、灌木盖度x10、草本盖度x11、更新幼苗株数x12、平均胸径x13、平均树高x14、公顷蓄积x15、干扰程度x17、土层厚x19、土壤侵蚀状况x20、枯落物厚度x21、枯落物盖度x22均具有较高的因子负荷量,应全部保留。枯落物厚度x21、枯落物盖度x22这两个指标看似有信息重复,但从相关系数(表3)可以看出,二者的相

表 2 健康因子相关矩阵的特征向量

	主成分					
	1	2	3	4	5	6
林分起源(x1)	-0.844	0.268	-0.184	0.117	0.238	-0.00843
群落结构(x2)	-0.204	-0.413	-0.606	0.111	-0.186	-0.403
海拔(x3)	0.274	0.001205	0.643	-0.311	-0.228	-0.00809
坡位(x4)	-0.217	-0.167	0.001473	-0.909	0.009554	0.002054
坡向(x5)	-0.231	0.173	-0.353	-0.237	0.004215	0.294
坡度(x6)	0.258	0.736	-0.232	0.327	0.005222	0.193
年龄结构(x7)	0.818	-0.185	-0.101	-0.110	0.284	-0.213
土壤类型(x8)	-0.160	-0.572	0.364	0.004	-0.282	0.352
郁闭度(x9)	-0.161	0.842	0.00947	-0.111	0.006872	-0.196
灌木盖度(x10)	0.342	-0.549	0.381	0.356	0.125	0.189
草本盖度(x11)	-0.326	-0.639	-0.264	0.221	0.277	0.308
更新幼苗株数(x12)	-0.00364	0.285	-0.442	0.00158	-0.00459	0.505
平均胸径(x13)	0.961	-0.126	-0.0062	-0.144	-0.00704	0.001474
平均树高(x14)	0.763	-0.00302	-0.207	-0.00197	0.470	0.112
公顷蓄积(x15)	0.953	-0.196	0.004775	-0.00758	-0.103	0.002363
公顷株数(x16)	-0.285	0.412	0.463	-0.00113	0.572	-0.119
干扰程度(x17)	-0.506	-0.491	0.393	0.103	0.379	-0.00831
病虫害(x18)	-0.414	-0.323	0.009579	0.003732	-0.507	-0.00852
土层厚(x19)	0.262	0.00683	0.008213	0.881	-0.00764	-0.255
土壤侵蚀状况(x20)	0.183	0.839	-0.00624	0.004977	-0.244	0.105
枯落物厚度(x21)	-0.201	0.003251	0.529	0.234	0.007381	0.230
枯落物盖度(x22)	0.00504	0.646	0.593	0.008822	-0.133	0.112

关性较小(0.360),因此这两个指标均应保留。此外,病虫害(x18)尽管因子负荷量很小,但却是影响森林健康的重要因素,因此,病虫害(x18)指标也应该保留。

综上所述,通过定性和定量筛选,川中丘陵区柏木人工林森林健康评价指标体系可分为 4 大类 15 个指标。4 大类分别为结构性指标、功能性指标、适应性指标和环境因子指标。结构性指标包括年龄结构、郁闭度、灌木盖度、草本盖度、更新幼苗能力;功能性指标包括平均胸径、平均树高公顷蓄积、土壤侵蚀状况;适应性指标包括干扰程度,病虫害;环境因子指标包括坡度,土层厚度,枯落物厚度,枯落物盖度。

3.3.3 评价指标体系建立

用川中丘陵区柏木人工林健康评价作目标层(A);结构性指标、功能性指标、适应性指标、环境因子指标作准则层(B);年龄结构、郁闭度、灌木盖度、草本盖度等 15 个因子作指标层(C),建立起川中丘陵区柏木人工林健康评价指标体系(图 1)。

4 综合评价模型的建立

本研究采用主成份法^[14,15]和层次分析法(AHP)两种数学方法对川中丘陵区人工柏木林进行健康评价。

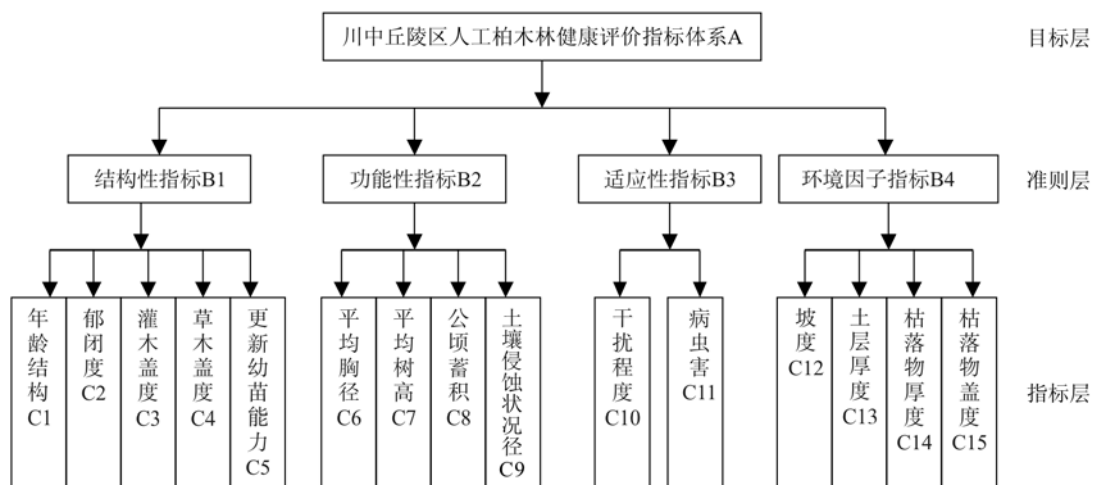


图 1 川中丘陵区人工林健康评价指标体系

4.1 主成分法评价

样本数据为 126 个样地 15 个指标数据,组成一个 126×15 的样本数据矩阵。通过这个样本数据矩阵,计算样本的相关矩阵,在该相关矩阵的基础上得出影响森林健康的各主成分特征值、贡献率及其特征向量,其数据处理过程在 SPSS 18.0 数据处理系统中进行。

根据筛选出的 m 个主成分的主成分分析因子得分 X_m 及各主成分贡献率 a_m 计算主成分的合成变量 Y 值,该合成变量 Y 即为综合健康指数。

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_mX_m$$

4.1.1 结果与分析

(1) 相关系数矩阵

22 个指标的相关系数矩阵见表 3。

(2) 完全变量解释

从表 1 可以看出,前面 6 个主成分的特征根均大于或接近于 1,且累计贡献率达到 76.174%,因此可以选取 6 个主成份作为健康评价的综合指标。

(3) 因子载荷矩阵旋转前的因子载荷矩阵见表 2。

因子旋转后的矩阵见表 4。

表 4 旋转后的矩阵

主成份	1	2	3	4	5	6
1	0.952	-0.156	0.015	0.187	0.184	-0.011
2	-0.214	-0.847	0.264	0.088	0.295	0.268
3	0.008	0.024	0.813	0.031	-0.152	-0.561
4	-0.160	0.185	0.030	0.964	0.007	0.100
5	-0.103	0.358	0.128	-0.091	0.913	-0.052
6	0.107	0.309	0.502	-0.136	-0.148	0.775

从因子载荷矩阵可以看出,坡度 x_6 、年龄结构 x_7 、郁闭度 x_9 、灌木盖度 x_{10} 、草本盖度 x_{11} 、更新幼苗株数 x_{12} 、平均胸径 x_{13} 、平均树高 x_{14} 、公顷蓄积 x_{15} 、干扰程度 x_{17} 、土层厚 x_{19} 、土壤侵蚀状况 x_{20} 、枯落物厚度 x_{21} 、枯落物盖度 x_{22} 在各主成份上具有较高的负荷,说明这几个因子是影响柏木纯林健康状况的主要指标。

(4) 健康综合指数的计算

根据筛选出的 6 个主成分 $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ 的因子得分及各主成分的贡献率,计算主成分合成变量 F 的值, F 即为所求的综合健康指数。 F 与 $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ 的计算关系如下式所示。

$$F = \alpha_1 \times X_1 + \alpha_2 \times X_2 + \alpha_3 \times X_3 + \alpha_4 \times X_4 + \alpha_5 \times X_5 + \alpha_6 \times X_6$$

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6}$$

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6}$$

$$\alpha_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6}$$

$$\alpha_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6}$$

$$\alpha_5 = \frac{\lambda_5}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6}$$

$$\alpha_6 = \frac{\lambda_6}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6}$$

式中, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6$ 各主成分的特征值。

利用 SPSS 18.0 统计分析软件可以得到 6 个主成分 X1, X2, X3, X4, X5, X6 的各因子得分。

各样地的综合健康指数为

$$[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6] \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \\ X4 \\ X5 \\ X6 \end{bmatrix}$$

4.2 层次分析法

4.2.1 评价模型

采用层次分析法对川中丘陵区人工柏木森林生态系统的健康评价采用以下数学模型:

$$S_i = \sum_{j=1}^{15} M_{ij} \times W_j$$

式中: S_i 为第 i 个样地森林健康的评价得分; M_{ij} 为第 i 个样地第 j 个指标森林健康等级得分; W_j 为第 j 个指标的; i 为样地号; j 为森林健康评价指标。

4.2.2 指标权重的计算

在指标体系评价过程中,权重的确定是一个基本步骤,也是至关重要的。权重值的确定直接影响评价结果。层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 是一种将定量和定性相结合,将人的主观判断用数量形式表达和处理的方法,尽量减少个人主观臆断所带来的弊端,使评价结果更可信。准则层、各指标层判断矩阵及权重计算结果见表 5 ~ 表 9。

表 5 准则层判断矩阵及权重

A	环境因子 B4	干扰因子 B3	功能因子 B2	结构因子 B1	权重 W	一致性检验
环境因子 B4	1	1/2	1/3	1/3	0.1089	C.I. = 0.003452
干扰因子 B3	2	1	1/2	1/2	0.1887	R.I. = 1.12
功能因子 B2	3	2	1	1	0.3512	C.R. = C.I. / R.I.
结构因子 B1	3	2	1	1	0.3512	R.I. = 0.0038 < 0.1

表 6 结构性指标判断矩阵及权重

B1-C	年龄结构 C1	郁闭度 C2	灌木盖度 C3	草本盖度 C4	更新幼苗株数 C5	权重 W	一致性检验
年龄结构 C1	1	1/3	1/2	1/2	4	0.14213	C.I. = 0.09953
郁闭度 C2	3	1	2	2	3	0.36256	R.I. = 0.9
灌木盖度 C3	2	1/2	1	1	2	0.20339	C.R. = C.I. / R.I.
草本盖度 C4	2	1/2	1	1	2	0.20339	R.I. = 0.089 < 0.1
更新幼苗株数 C5	1/4	1/2	1/2	1/2	1	0.08853	

表 7 功能性指标判断矩阵及权重

B2-C	平均胸径 C6	平均树高 C7	公顷蓄积 C8	土壤侵蚀状况 C9	权重 W	一致性检验
平均胸径 C6	1	1/3	1/2	1/2	0.1064	C.I. = 0.009231
平均树高 C7	3	1	2	2	0.1064	R.I. = 0.9
公顷蓄积 C8	2	1/2	1	1	0.1891	C.R. = C.I. / R.I.
土壤侵蚀状况 C9	2	1/2	1	1	0.5981	R.I. = 0.0103 < 0.1

表 8 适应性指标判断矩阵及权重

B3-C	干扰程度 C10	病虫害 C11	权重 W	一致性检验
干扰程度 C10	1	1/3	0.2500	C.R. = C.I. / R.I. = 0 < 0.1
病虫害 C11	3	1	0.7500	

表 9 环境因子指标判断矩阵及权重

B4-C	坡度 C12	土层厚度 C13	枯落物厚度 C14	枯落物盖度 C15	权重 W	一致性检验
坡度 C12	1	1/3	1/2	1/2	0.1213	C.I. = 0.023623
土层厚度 C13	3	1	2	2	0.4203	R.I. = 0.9
枯落物厚度 C14	2	1/2	1	1/2	0.1899	C.R. = C.I. / R.I.
枯落物盖度 C15	2	1/2	2	1	0.2685	R.I. = 0.026247 < 0.1

4.2.3 评价标准

森林健康评价指标体系的权重结果计算出来后,对林分进行健康评价需要确定各项评价指标的等级及其具体量化范围。结合川中丘陵区柏木人工林森林结构与功能的特点,在总结当前国内外森林健康评价研究成果的基础上,川中丘陵区柏木人工林森林健康评价的各项指标划分为 3 个等级 (表 10)。

表 10 森林健康评价因子及类型划分标准

指标体系	类型划分标准			
	I	II	III	
结构性指标 B1	年龄结构(年) C1	≤40	41 - 100	> 100
	郁闭度 C2	[0.6, 0.7]	[0.4 - 0.6], < 0.4	> 0.7
	灌木盖度(%) C3	≥70	[50, 69]	< 50
	草本盖度(%) C4	≥70	[50, 69]	< 50
	更新幼苗株数(株·hm ⁻²) C5	> 500	[100, 500]	≤100
功能性指标 B2	平均胸径(cm) C6	> 10	[5, 10]	< 5
	平均树高(m) C7	> 10	[5, 10]	< 5
	公顷蓄积(m ³ ·hm ⁻²) C8	> 150	[50, 149]	< 50
适应性指标 B3	土壤侵蚀状况 C9	无, 轻度	中度	重度及以上
	干扰程度 C10	无, 弱	强度	严重
环境因子指标 B4	病虫害 C11	无, 轻度	中度	重度
	坡度(°) C12	0 ~ 15	16 ~ 25	> 25
	土层厚度(cm) C13	≥60	30 ~ 59	< 30
	枯落物厚度(cm) C14	> 5	1 - 5	< 1
	枯落物盖度(%) C15	> 60	50 ~ 60	< 50

5 川中丘陵区人工柏木纯林森林健康综合评价

5.1 主成份分析法评价结果

根据式 1 计算的健康综合指数,将主成份法评价的健康等级划分为四级,分别为:优质(1.0, 2.0),健康(0.4, 1.0),亚健康(-0.1, 0.4),不健康(-0.5, -0.1),疾病(-2, -0.5)。按这样的划分等级,126个样地中,健康等级为优质的有6个,占4.76%;健康等级为健康的有15个,占11.90%;健康等级为亚健康的有57个,占45.24%;健康等级为不健康的有33个,占26.19%,健康等级为疾病的有15个,占11.90%,见图2。

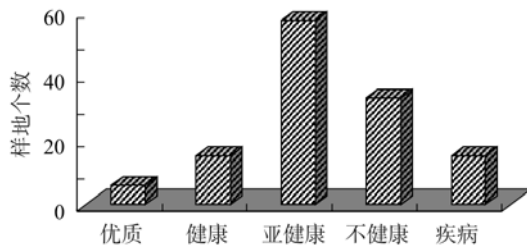


图2 主成份法健康评价结果

5.2 层次分析法评价结果

采用评价指标分值法,以样地为单位按评价指标逐项计算各指标分值。对表6中的I、II、III级分别赋值为1、2、3。根据计算结果,本研究将健康等级分为5个级别,分别为优质(1.50, 1.70),健康(1.70, 1.85),亚健康(1.85, 2.10),不健康(2.10, 2.40),疾病(2.40, 2.60)。评价结果为,健康等级为优质的样地个数有9个,占7.14%;健康等级为健康的样地个数有21个,占16.67%;健康等级为亚健康的样地个数有57个,占45.24%;健康等级为不健康的样地个数有33个,占26.19%;健康等级为疾病的样地个数有6个,占4.76%(图3)。

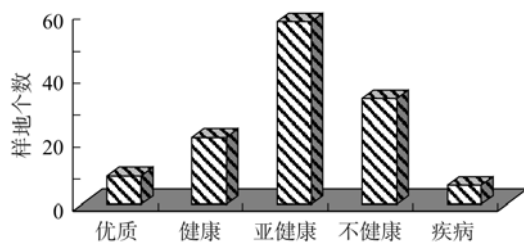


图3 层次分析法健康评价结果

5.3 两种分析法评价结果比较

无论是主成份分析法还是层次分析法,川中丘陵区柏木人工柏木林评价结果基本类似。均是亚健康和健康的林分占绝大多数(分别为71.43%和61.90%);健康等级为优质的林分数量很少,两种方法评价结果分别为6个和9个,占4.76%和7.14%。

健康等级为优质和健康的林分,群落结构复杂,林下灌草均较丰富,抗病虫害能力强,郁闭度为0.5~0.7,公顷蓄积量大,干扰程度轻,更新幼树(苗)能力强,土壤侵蚀状况轻,枯枝物厚度和盖度均较大。

健康等级为亚健康的林分,群落结构较复杂,林下灌木或草本较为丰富,抗病虫害能力较强,干扰程度中等,土壤侵蚀状况较轻,公顷蓄积量较大。

健康等级为不健康的林分,群落结构较为单一,林下灌木或者草本较为稀少,抗病虫害能力较弱,郁闭度大多0.7以上,土壤侵蚀状况中度,更新幼树(苗)能力弱,枯枝物厚度和盖度较小。

健康等级为疾病的林分,群落结构较单一,土层瘠薄,林下灌木或者草本稀少,抗病虫害能力弱,郁闭度较大,土壤侵蚀状况中度到重度,枯枝物厚度和盖度小。

6 结论及讨论

评价一个森林生态系统的健康程度,首要和关键的步骤是评价指标体系的建立。指标体系建立的好坏直接关系到评价的科学性和准确程度^[16]。通过指标体系的建立,根据具体的研究进行不断的调整,使森林健康的评价真正反映森林的实际健康状况,为人类更好地管理森林服务^[4]。如何选取好的指标,Marco F^[17]认为森林健康评价指标的选择要根据森林健康监测的尺度与目的等因素来决定。指标的选择必须根据不同的目的而有所侧重,同时所选取的指标要能为森林的健康评价提供必要的信息,为科研和政府决策提供可靠与可验证的基础数据^[18]。沈剑波等^[19]在查阅了60篇具有明确森林健康指标体系的中文文献后,在林分尺度上总结出153个指标,并将其归为生物多样性、林分结构复杂性、生产力、有害因子发生程度、树木/树冠生命力/活力、更新能力、土壤质量、产品和服务、社会因素、立地条件10大类。在对这些指标出现频度进行统计后,发现出现次数排名前6位的是病虫害程度、林

分郁闭度、林分年龄结构、土层厚度、森林火险等级以及土壤有机质。同时,林分结构、多样性、生产力也是公认的林分层次健康评价指标。本研究首先初步筛选了 22 个指标,然后利用定量和定性相结合的方法对其进行进一步筛选,最终选定了包含坡度、年龄结构、郁闭度、灌木盖度、草本盖度、更新幼苗株数、平均胸径、平均树高、公顷蓄积、干扰程度、土层厚、土壤侵蚀状况、枯落物厚度、枯落物盖度等 13 个指标,并将这些指标分为结构性指标、功能性指标、适应性指标和环境因子指标 4 大类。在沈剑波总结的国内专家常用的 10 大类指标中,除去生物多样性指标、产品和服务指标、社会因素指标外,其它基本涵盖。而且这些指标均可从森林资源二类调查数据中获取。

本研究森林健康评价的目的是摸清川中丘陵区人工柏木林的健康状况,为制定森林健康经营策略提供理论依据,实现森林可持续发展。本研究评价结果表明,川中丘陵区人工柏木林大部分处于亚健康和不健康状态,若不加强保护和科学合理的经营,亚健康的极有可能向不健康状态发展,而不健康的极有可能向疾病状态发展。因此,必须采取各种有力措施,加大对川中丘陵区人工柏木林健康经营的力度,采取近自然的切实可行的经营管理措施,提高经营管理水平,以发挥该区域人工柏木林更大的生态、经济和社会综合效益。

参考文献:

- [1] 钟哲科. 大气污染对欧洲森林的影响[J]. 世界林业研究, 2000, 13(4): 57 ~ 64.
- [2] Fischer R, De Vries W, Seidling W. Forest condition in Europe [R]. Bonn: Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), 1999.
- [3] Oszlanyi J. Forest health and Environmental Pollution in Slovakia [J]. Environment Pollution, 1997, 98(3): 389 ~ 392.
- [4] 施明辉, 赵翠薇, 郭志华, 等. 森林健康评价研究进展[J]. 生态学杂志, 2010, 29(12): 2498 ~ 2506.
- [5] 朱波, 高美荣, 刘刚才, 等. 川中丘陵区农业生态系统的演替[J]. 山地学报, 2003, 21(1): 56 ~ 62.
- [6] 徐茂其, 张大泉. 川中丘陵土壤水力侵蚀及防治对策[J]. 水土保持学报, 1992, 6(4): 35 ~ 42.
- [7] 甘敬. 北京山区森林健康评价研究[D]. 北京林业大学, 2007.
- [8] 高志亮, 余新晓, 陈国亮, 等. 北京市八达岭林场森林健康评价研究[J]. 林业资源管理, 2008, No. 4: 77 ~ 82.
- [9] Ferretti M. Forest health assessment and monitoring issues for consideration[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 1997, 48: 45 ~ 72.
- [10] 肖风劲, 欧阳华, 傅伯杰, 等. 森林生态系统健康评价指标及其在中国的应用[J]. 地理学报, 2003, 58(6): 803 ~ 809.
- [11] 彭祚登, 张峰, 安永兴, 等. 复合结构功能指标法在人工林健康评价中的应用[J]. 西南林学院学报, 2010, 30(3): 28 ~ 34.
- [12] 谷建才. 华北土石山区典型区域主要类型森林健康分析与评价[D]. 北京林业大学, 2006: 14 ~ 31.
- [13] 王兵, 郭浩, 王燕, 等. 森林生态系统健康评估研究进展[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(3): 114 ~ 121.
- [14] 刘晓光, 陈文君. 森林生态经济系统健康评价指标体系研究[J]. 生态经济, 2011, No. 5: 164 ~ 168.
- [15] 赵小亮, 周国娜, 高宝嘉, 等. 主成分分析法在承德县森林生态系统健康评价中的应用[J]. 中国农学通报, 2008, 24(6): 400 ~ 403.
- [16] 武巧英, 陈丽华, 于景金, 等. 北京鹫峰国家森林公园健康评价研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(12): 90 ~ 93.
- [17] 肖风劲, 欧阳华, 孙江华, 等. 森林生态系统健康评价指标与方法[J]. 林业资源管理, 2004(1): 27 ~ 30.
- [18] Marco F. Forest health assessment and monitoring Issues for Consideration[J]. Environmental monitoring and assessment, 1997, 48: 45 ~ 72.
- [19] Alexander S A, Palmer C J. Forest health monitoring in the United States first four years[J]. Environmental monitoring and assessment, 1999, 55(2): 267 ~ 277.
- [20] 沈剑波, 雷相东, 舒清态, 等. 国内外森林健康评价指标体系综述[J]. 科技导报, 2011, 29(33): 72 ~ 79.