

华北土石山区典型天然次生林生态系统健康评价研究

郭峰, 何佳, 陈丽华, 汲文宪, 宋恒川

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘要:为客观评价我国华北土石山区天然次生林的健康状况,利用现有资料结合定性分析,确定适合本研究区域的森林生态系统健康评价指标 3 大类共 12 个,运用 SPSS 19.0 统计软件,采用定性定量相结合的方法对指标进行筛选,确定森林健康评价指标体系,包括结构性指标、功能性指标和抗干扰性指标 3 大类 6 个指标,通过层次分析法计算指标权重,并应用评价模型对北沟林场天然次生林 100 个小班进行森林健康评价。结果表明:北沟林场天然次生林 100 个小班大部分处于健康状况,面积为 29 600 m²,占样地总面积的 74.0%。因此,还需加大这一地区的森林经营,使森林结构更加具有稳定性、抗干扰性和活力,使其达到健康森林群落的理想结构。

关键词:北沟林场;森林健康评价;主成分分析

中图分类号:S718.5

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)04-0200-04

Forest Health Assessment in Typical Natural Secondary Mountain and Stony Forest Communities of Northern China

GUO Feng, HE Jia, CHEN Li-hua, JI Wen-xian, SONG Heng-chuan

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to objectively evaluate forest health, typical natural secondary mountain and stony forest communities of northern China was carried out. Based on qualitative analysis of existing data, 12 indices which were divided into 3 categories were determined as the assessment indexes of forest ecosystems health in the study area. Based on the combination of qualitative analysis and quantitative analysis, forest health assessment indicator system was established. The system includes structural indicators, functionality indicators and anti interference indicators. Step analysis method was adopted to confirm the weight of each indicator, 100 subcompartments were assessed by using assessment model for forest health in the study area. Results showed that most of these forest subcompartments were in healthy condition in the study area. The area was 29 600 m², accounting for 74.0% of the sample area. Therefore, feasible measures also should be taken to improve forest management level, to make the forest structure more stable, anti-interference and vigor, and to reach the ideal structure of forest community health.

Key words: Beigou forest farm; forest health assessment; principal component analysis

森林健康全称为森林生态系统健康和恢复^[1]。其基本理念主要是由西方国家针对人工造林林分结构单一、森林病虫害防治能力和水土保持能力薄弱等问题提出的^[2]。森林是陆地生态系统中面积最大、组成结构最复杂、生物种类最丰富、适应性最强、稳定性最大、功能最完善的一种自然生态系统。随着社会经济的高速发展,全球性和区域性的环境问题逐渐加剧,森林生态系统的健康受到很大的威胁。如何客观

评价森林资源的健康性,有效地进行森林经营,使森林资源能够持续、稳定地为人类提供服务功能,是森林健康研究和森林可持续经营的首要任务之一^[3-6]。

本文通过对河北省北沟林场天然次生林森林健康评价研究,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,并分析该方法在森林健康评价中的可行性与适用性,为客观评价我国华北土石山区天然次生林的健康状况提供一种新的思路。

收稿日期:2011-12-14

修回日期:2012-02-24

资助项目:国家林业局林业公益行业科技专项“华北土石山区典型森林生态系统健康维护机制研究”(200804022)

作者简介:郭峰(1987—),男,浙江安吉人,硕士,主要从事水土保持和森林生态研究。E-mail:ka19871107@sina.com

通信作者:何佳(1972—),女,讲师,博士,主要从事景观生态和水土保持工程研究。E-mail:fairyl88@bjfu.edu.cn

1 研究区概况

研究区位于滦河上游的河北省围场满族蒙古族自治县境内(41°47′—42°06′N,116°51′—117°45′E),地处阴山山脉、大兴安岭山脉余脉向西南延伸和燕山山脉的结合部,海拔 750~1 829 m,自然坡度为 1/150~1/350。该地区属大陆性季风型高原山地气候。年均气温-1.4~4.7℃,无霜期 67~128 d,年均降水量 380~560 mm,主要集中在 6—8 月,占全年降水量的 69%。年均蒸发量 1 462.9~1 556.8 mm,平均相对湿度 63%。林区土壤包括棕壤、褐土、风砂土、草甸土、沼泽土、灰色森林土和黑土 7 个土类,土壤发育层次不明显,含石砾较多,一般土层厚度约 40 cm。

北沟林场总经营面积约 5 730 hm²,有林地面积 5 000 hm²,活立木蓄积 28.4 万 m³,森林覆盖率 88%。森林以天然次生林和人工林为主,主要乔木树种有白桦(*Betula platyphylla*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)、山杨(*Populus davidiana*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)、五角枫(*Acer elegantulum*)、榆树(*Ulmus pumila*)等;主要灌木有山杏(*Prunus sibirica*)、绣线菊(*Spiraea salicifolia*)、照山白(*Rhododendron micranthum*)、平榛(*Corylus mandshurica*)和沙棘(*Hippophae rhamnoides*)等。

2 研究方法

经过全面踏勘,2009 年 8 月在河北省围场县木兰围场林管局北沟林场天然次生林内设置 4 hm² 典型样地,样地设在山地深处,地理位置较偏僻,人为干

扰程度较轻,海拔 1 350 m,林龄 39 a,平均胸径为 15.33 cm,平均树高为 11.3 m,郁闭度为 90%。将林地划分为 100 个小班,每个小班的面积 20 m×20 m,对每个小班乔灌木进行常规外业调查。对乔木层调查,胸径大于 5 cm 的树木进行定位,记录每株树木的坐标、胸径、树高、冠幅等;灌木调查采用 10 m×10 m 小样方进行,共设样方 400 个,记录灌木的种类、高度、地径、分布状况等;草本调查采用 1 m×1 m 小样方进行,共设样方 1 000 个,记录草本的种类、高度、盖度、生长状况等。在每个样地内挖掘 3 个土壤剖面,共 300 个,按照上(0—10 cm)、中(10—50 cm)、下(50—100 cm)3 个土层取样,将土壤样品带回实验室进行研究分析。

3 森林健康指标体系的建立

森林生态系统的结构决定功能的稳定性。健康的森林是一个结构优化、功能稳定的生态系统,能够充分发挥其生态、经济和社会功能。对森林生态系统健康进行评价,指标体系的建立是首要和关键的步骤,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。目前对森林生态系统评价研究以组织、活力和恢复力等方面的内容为主,但这些指标在实际中可操作性差,应用困难。

3.1 评价指标选取

根据指标科学性、代表性、可操作性和系统性的构建原则,本文在分析和整理国内外现有研究成果的基础上^[7-9],结合北沟林场的实际情况,采用复合结构功能指标法,构建北沟林场天然次生林森林健康评价指标体系(表 1)。

表 1 北沟林场天然次生林森林健康评价指标体系

分类			评价指标		
结构性指标	群落层次结构	物种多样性	郁闭度	土壤厚度	枯落物厚度
功能性指标	林分生物量	叶面积指数	灌木盖度	草本盖度	—
抗干扰性指标	森林病虫害程度	森林火险等级	林分受损程度	—	—

3.2 评价指标筛选

由于森林健康评价指标之间多存在相关性,即包含重复的信息,因此用较少的综合指标分别表示存在于各指标间的各类信息是有可能的,需要进行进一步的筛选。本文采用定量和定性相结合的方法,对各指标进行筛选。

3.2.1 定量筛选 森林健康评价指标的筛选需要在减少分析指标的同时,尽量减少原指标包含信息的损失。对所收集的资料作全面的分析,确定采用主成分分析进行降维。

应用 SPSS 19.0 软件中的分析/降维/因子分析

过程对森林健康各评价指标进行分析,输出结果见表 2—3。根据主成分的统计信息(表 2),相关矩阵的第一个特征值为 6.213,第一个特征根的贡献率为 31.602%;前 4 个主成分的累计方差贡献率已超过 85%,因此选取前 4 个主成分作为综合评价指标,可以准确的描述原变量的信息,符合统计学的原理。

表 3 为因子载荷矩阵表,从表中可知群落层次结构、郁闭度、林分生物量、叶面积指数、森林病虫害程度在第一主成分上有较高载荷,说明第一主成分基本反映了这些指标的信息;森林病虫害程度、森林火险等级在第二主成分上有较高的载荷,说明第二主成分

基本反映了这 2 个指标的信息;叶面积指数在第三主成分上有较高载荷,说明第三主成分基本反映了这个指标的信息。第四主成分则可作为物种多样性的描述指标。提取的 4 个主成分基本可以反映全部指标的信息,因此用这 4 个综合变量代替原来的 12 个变量来进行分析是合理的。

表 2 主成分统计

主成分	初始特征值		
	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
1	6.213	31.602	31.602
2	4.929	25.071	56.673
3	3.109	15.814	72.487
4	2.534	12.889	85.376
5	0.587	2.986	88.362
6	0.471	2.396	90.758
7	0.444	2.258	93.016
8	0.398	2.024	95.041
9	0.323	1.643	96.684
10	0.288	1.465	98.149
11	0.223	1.134	99.283
12	0.141	0.717	100.000

3.2.2 定性筛选 在通过数学统计软件对指标体系进行定量筛选之后,结合定性分析筛选出内容全面且信息不重复的指标,从而更好地满足加法合成对评价指标的要求,得出更为准确、合理的评价结果。群落层次结构、物种多样性^[10]、郁闭度^[11]、叶面积指数是反映群落特性的重要指标,应该完整保留,用这 4 个指标共同来反映林分的群落特性。通过森林火险等级和森林病虫害程度能够间接反映森林的抵抗力和恢复力,应该保留,其作为稳定性指标可以全面反映森林恢复力和抵抗力。综上所述,通过定量和定性筛选,森林健康评价指标体系包括 3 大类 6 个指标,即:结构性指标包括群落层次结构、郁闭度、物种多样性;功能性指标包括叶面积指数;抗干扰性指标包括森

林病虫害程度、森林火险等级。

表 3 因子负荷矩阵

序号	评价指标	主成分			
		1	2	3	4
1	群落层次结构	0.738	-0.280	-0.058	-0.265
2	物种多样性	-0.074	0.089	-0.145	0.635
3	郁闭度	0.748	-0.289	-0.220	-0.043
4	土壤厚度	0.034	0.216	0.131	0.328
5	枯落物厚度	0.379	0.151	-0.022	-0.286
6	林分生物量	0.695	-0.365	-0.337	0.019
7	叶面积指数	0.634	-0.249	0.751	0.119
8	灌木盖度	-0.098	0.126	0.468	0.346
9	草本盖度	0.143	-0.852	0.148	0.095
10	森林病虫害程度	0.585	0.682	-0.205	-0.010
11	森林火险等级	0.348	0.641	0.033	-0.311
12	林分受损程度	0.214	0.101	0.281	0.190

4 综合评价模型的建立

4.1 指标权重的计算

指标的权重对森林健康评价的结果有着重要影响,合理计算指标权重是森林健康评价过程中非常重要的一步。指标的权重不能用数学的方法直接求得。本文在参考前人研究的基础上,采用层次分析法来推算各个指标的权重(表 4)。

4.2 评价标准

在建立森林健康评价指标体系后,需要确定各项评价指标的等级和具体量化范围,再对森林进行健康评价。因此,结合北沟林场天然次生林森林结构与功能的特点,总结当前国内外森林健康研究的成果,将森林健康评价的各项指标划分为 5 个等级(表 5)。

采用评价指标分值法,以小班为单位按评价指标逐项计算各指标分值。Ⅰ级域值范围:80~100 分;Ⅱ级域值范围:60~79 分;Ⅲ级域值范围:40~59 分;Ⅳ级域值范围:20~39 分;Ⅴ级域值范围:20 分以下^[7]。

表 4 森林健康评价指标权重

目标层	准则层	权重	指标层	权重	总排序权重
森林健康评价指标体系	结构性指标	0.4439	群落层次结构	0.5069	0.2250
			物种多样性	0.2570	0.1141
			郁闭度	0.2361	0.1048
	功能性指标	0.0771	叶面积指数	1.0000	0.0771
			森林病虫害程度	0.6891	0.3301
	抗干扰性指标	0.4790	森林火险等级	0.3109	0.1489

4.3 评价模型

以小班为单位,应用式(1)对北沟林场天然次生林森林生态系统进行森林健康评价^[12]。

$$F_i = \sum_{j=1}^6 P_{ij} \times R_j \quad (1)$$

式中: F_i ——第 i 号小班森林健康值得分; P_{ij} ——第 i 号小班第 j 个指标森林健康等级得分; R_j ——第 j 个指标的权重; i ——小班号; j ——森林健康指标。

表 5 森林健康指标分级标准

指标体系		I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
结构性指标	群落层次结构	乔灌木复层林	乔灌木单层林	乔木	灌木	草本
	物种多样性	2.5~3.5	2.0~2.5	1.5~2.0	0.5~1.5	<0.5
	郁闭度	0.5~0.7	0.3~0.5 或 0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~0.95	0.95~1.0
功能性指标	叶面积指数	>4.0	3.0~4.0	2.0~3.0	1.0~2.0	<1.0
抗干扰性指标	森林病虫害程度	无危害	轻微危害	中等危害	较重危害	严重危害
	森林火险等级	一级	二级	三级	四级	五级

5 北沟林场天然次生林森林健康评价

以森林小班为单元,依据表 5 的各项指标等级的划分标准,计算林场 100 个小班的森林健康综合分值。根据森林的结构与功能特点,将森林健康等级划分为优质($M \geq 80$)、健康($80 > M \geq 60$)、亚健康($60 > M \geq 40$)、不健康($40 > M \geq 20$)和疾病($M < 20$)5 个等级,评价结果见表 6。

表 6 北沟林场天然次生林进行森林健康评价结果

健康等级	小班个数/个	小班数百分比/%	面积/m ²	面积百分比/%
优质	24	24.00	9600	24.00
健康	50	50.00	20000	50.00
亚健康	19	19.00	7600	19.00
不健康	7	7.00	2800	7.00
疾病	0	0.00	0	0.00

由统计结果可知,在 100 个森林小班中,优质的森林小班有 24 个,面积为 9 600 m²,占样地总面积的 24.00%。其林分的垂直结构复杂,林龄较大,生物多样性高,叶面积指数高,具有很高的生产能力,森林火险等级低,抗病虫害的能力强。健康的森林小班有 50 个,面积为 20 000 m²,占样地总面积的 50.0%。林龄适中,生物多样性较高,垂直结构较复杂,抗病虫害的能力较强,森林火险等级较低。亚健康的森林小班有 19 个,面积为 7 600 m²,占样地总面积的 19.0%。其林分结构相对简单,林龄最老,叶面积指数低,抗病虫害的能力中等,森林火险等级较高。不健康的森林小班有 7 个,面积为 2 800 m²,占样地总面积的 7.0%,结构最简单,林龄最小,叶面积指数较低,主要是荒山荒地,生产力较低,病虫害危害严重。样地内无有疾病的森林。总体上看,北沟林场天然次生林森林健康等级处于 I 级和 II 级,健康状况良好。

综上所述,北沟林场天然次生林处于健康状态,必须加大这一地区的森林经营,使得森林朝着复层、异龄、混交林结构、具有比较发达的灌木层和草本层的方向发展,只有这样的森林结构才具有较高的稳定性、抗干扰性和活力,也是健康森林群落的理想结构。

6 结论

(1) 按照科学性、代表性、可操作性、系统性的原

则,利用实地调查的数据指标以及通过计算可推演得到的与森林生态系统健康评价密切相关的重要指标,初步构建了北沟林场天然次生林森林生态系统健康评价指标体系;(2) 采用定性与定量相结合的方法,通过对北沟林场天然次生林 100 个小班指标数据进行主成分分析,运用 SPSS 统计软件对指标体系进行降维,并结合定性分析,将原始的 12 个基本指标减少为 6 个特征指标;(3) 通过评价模型分析得出,北沟林场天然次生林 100 个小班大部分处于健康状况,面积为 29 600 m²,占样地总面积的 74.0%。还需加大这一地区的森林经营,使的森林结构更加具有稳定性、抗干扰性和活力,使其达到健康森林群落的理想结构。

参考文献:

[1] 高均凯. 森林健康基本理论及评价方法研究[D]. 北京:北京林业大学,2007.

[2] 甘敬,张振明,余新晓,等. 森林健康监测与评价研究[J]. 水土保持研究,2006,13(3):177-178.

[3] 孔红梅,赵景柱,姬兰柱,等. 生态系统健康评价方法初探[J]. 应用生态学报,2002,13(4):486-490.

[4] 曾德慧,姜凤岐,范志平,等. 生态系统健康与人类可持续发展[J]. 应用生态学报,1999,10(6):751-756.

[5] 肖风劲,欧阳华,傅伯杰,等. 中国森林健康生态风险评价[J]. 应用生态学报,2004,15(2):349-353.

[6] 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.

[7] 高志亮,余新晓,岳永杰,等. 北京市松山自然保护区森林健康评价研究[J]. 北京林业大学学报,2008,30(S2):127-131.

[8] 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.

[9] 张佳音. 木兰围场北沟林场森林生态系统健康评价研究[D]. 北京:北京林业大学,2010.

[10] 李博,杨持,林鹏. 生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2000:343-348.

[11] 谭炳香,李增元,陈尔学,等. Hyperion 高光谱数据森林郁闭度定量估测研究[J]. 北京林业大学学报,2006,28(3):95-101.

[12] 鲁绍伟,刘凤芹,余新晓,等. 北京市八达岭林场森林生态系统健康性评价[J]. 水土保持学报,2006,20(3):79-81.