

网络出版时间:2014-05-28 11:34

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.06.005

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.06.005.html>

渭北黄土高原区刺槐人工林健康评价体系的构建

刘金良,于泽群,张顺祥,王迪海,赵 忠

(西北农林科技大学 西部环境与生态教育部重点实验室,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 **【目的】**研究渭北黄土高原区刺槐人工林的健康状况,构建评价模型,为该区刺槐人工林的可持续经营提供科学依据。**【方法】**以渭北黄土高原区刺槐人工林为研究对象,在永寿县槐平林场、扶风县野河林场、白水县方山林场选设 84 块样地进行调查,以评价人工林健康状况及持续发展能力为目标,从林分结构、林分活力、林分抗逆性等指标中筛选评价指标,再通过比较不同龄级(幼龄林、中龄林、成熟林、过熟林)各指标权重的变化确定最终评价指标,建立评价指标体系。采用层次分析与聚类分析法,构建刺槐人工林评价模型,计算各样地的健康指数,根据健康指数,将处于不同龄级的刺槐林划分为健康、亚健康和不健康 3 个等级。**【结果】**最终确定的渭北黄土高原区刺槐人工林健康评价体系包括活力指标(立地质量、枯梢比、更新状况)、结构指标(郁闭度、密度、平均胸径、平均树高)和抗逆性指标(森林火险等级和病虫害)。研究区刺槐林分健康状况的评价结果为:健康林占 45.2%,亚健康林占 42.9%,不健康林占 11.9%,表明刺槐林的整体健康状况不良,急需进行健康经营抚育。**【结论】**构建的健康评价体系能客观地反映渭北黄土高原区刺槐人工林的健康状况。

【关键词】 刺槐人工林;森林健康评价;渭北黄土高原

【中图分类号】 S718.55⁺7;S792.27

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2014)06-0093-07

Establishment of forest health assessment system for black locust plantation in Weibei Loess Plateau

LIU Jin-liang, YU Ze-qun, ZHANG Shun-xiang, WANG Di-hai, ZHAO Zhong

(Key Laboratory of Environment and Ecology in Western China, Ministry of Education,
Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** This study investigated the health status of black locust plantation in Weibei area and established an evaluation system to provide scientific basis for the sustainable management of black locust plantation. **【Method】** To investigate the forest condition of black locust plantations in Weibei Loess Plateau, 84 sample plots were surveyed in Huaiping forest farm in Yongshou County, Yehe forest farm in Fufeng County and Fangshan forest farm in Baishui County. Stand structure (O), stand vitality (V) and stand resistance (R) were chosen to assess forest health with the consideration of science, representation and practicality. Ecosystem Health Index Model was employed to evaluate the health status of black locust plantations. Plantations were divided into three categories: unhealthy, sub-health and health. **【Result】** The established forest health assessment index system for black locust plantation included vigor indexes (site quality, dieback rate and renew status), structure indexes (canopy density, density, average DBH and average height) and stress indexes (fire danger rating, plant diseases and insect pests). Healthy plantations,

【收稿日期】 2013-11-29

【基金项目】 国家“十二五”科技支撑计划项目“黄土高原人工林可持续经营技术与示范”(2012BAD22B0302)

【作者简介】 刘金良(1988—),男,山东潍坊人,在读硕士,主要从事森林培育理论与技术研究。E-mail: liujinliang0110@163.com

【通信作者】 赵 忠(1958—),男,甘肃宁县人,教授,博士生导师,主要从事森林培育理论与技术研究。

E-mail: zhaozh@nwsuaf.edu.cn

sub-healthy plantations and unhealthy plantations accounted for 45.2%, 42.9% and 11.9% among surveyed sample plots in Weibei Loess Plateau area, respectively. It indicated that the whole status of black locust plantations was sub-healthy and forest tending and management were needed. 【Conclusion】 The established index system and evaluation method could reflect the health status of black locust plantation in Weibei Loess Plateau.

Key words: black locust plantation; forest assessment; Weibei Loess Plateau area

森林健康评价体系构建是森林可持续经营的基础,主要包括评价指标体系的构建和评价模型的建立。迄今,国内外众多学者虽对此进行了大量研究^[1-5],一些成果也已在森林经营中应用,但由于对森林健康的认识存在许多分歧,且不同研究者的理解和研究尺度不同,因此在评价指标遴选和评价方法方面仍存在很大差异,即使对同一对象,评价结果也会不同。评价指标的代表性和评价模型的实用性是目前森林健康评价体系构建中存在的主要问题。森林的健康评价可从不同的角度和层面去展开。从森林不但要能够长期可持续发展又能发挥其生态和经济功能的角度出发,评价指标体系应包括 2 部分,即森林维持其可持续发展的度量指标和提供生态和社会服务功能的度量指标。如果排除经营者对森林的功利化需求,仅从森林自身持续发展的角度考虑,森林的健康则应从其自身结构(O)、活力(V)和稳定性(R)等方面去评价^[6]。

黄土高原由于特殊的气候、地貌和土壤条件,生态系统十分脆弱,在该区维持现有人工林生态系统的持续发展是经营管理的基本目标。因此,该地区的森林健康评价应着眼于森林的持续发展潜力。刺槐(*Robinia pseudoacacia*)是渭北黄土高原的主要造林树种之一,对该区域森林生态系统的构建和维护发挥着重要作用。自国家实施退耕还林工程和天然林保护工程以来,渭北黄土高原的植被发生了很大变化,大面积刺槐人工林逐渐郁闭,但“重营林轻管护”的现象在各级林业部门及农民的认识中普遍存在,大部分人工林未采取及时有效的抚育经营措施,限制了其生态功能的有效发挥。

本研究在刘恩田等^[7]对渭北地区刺槐人工林健康评价研究的基础上,以评价刺槐人工林健康及可持续发展潜力为目标,通过明晰评价因子内涵,遴选和构建评价指标体系,建立了健康指数模型,并运用层次分析的方法,按龄级对渭北黄土高原刺槐人工林自身的健康状况进行了评价,以期为该区域刺槐林的可持续经营提供科学依据。

1 研究方法

1.1 样地调查

在刘恩田等^[7]从陕西省永寿(YS)、扶风(FF)、白水(BS)3个县刺槐人工林选取 60 块样地(20 m×20 m)的基础上,于 2012-07-09 在永寿县马莲滩刺槐人工林中,补充设置了 24 块相同规格的样地。记录每个样地的经纬度、海拔、坡度、坡向、坡位,对样地的林龄、郁闭度、胸径、树高、冠幅以及枯梢、枯立木和病虫害株数进行调查,并记录灌木的种类、高度及数量。在各样地的 4 个角和中心处设置 5 个 1 m×1 m 的草本样方,调查草本和藤本植物的种类、高度、盖度以及枯落物的厚度。

1.2 评价指标体系的构建

健康评价指标体系构建的技术路线为:确定指标遴选原则→界定评价因子内涵→初步遴选评价指标→建立评价模型→计算评价指标权重→通过比较不同龄级各指标权重的差异,最终确定评价指标。

1.2.1 评价指标的遴选原则 从维持人工林持续发展目标出发,评价指标体系的构建应遵循以下 3 个原则。

1) 系统性。从林分结构、活力和稳定性等方面系统构建评价体系。

2) 灵敏性。评价指标能够深刻和实时地反映林分的生长发育状况及存在的风险。

3) 实用性。评价因子不宜过于复杂和繁多,且在野外使用常规计测工具或仪器即可进行测定或测量,以便于指导经营或在生产实践中应用。

1.2.2 评价因子内涵的界定 依据 Costanza 等^[6]提出的森林健康评价模型(该模型涉及森林的结构、活力和稳定性等因子),结合国内森林健康评价的研究现状^[8-15],对评价因子的内涵进行界定。

森林的结构因子主要包含 2 个方面:空间结构和非空间结构。空间结构包括林木空间分布格局、混交、大小分化等 3 个方面,涉及到的林分指标有冠层厚度、冠幅大小、冠高比、林龄结构、郁闭度、密度、群落层次、灌草盖度、凋落物厚度等。非空间结构包

括林木个体结构、物种多样性和物种丰富度,涉及到的林分指标有平均胸径、径级、平均树高、优势木高、物种多样性指数、枝下高、灌木高度、草本高度、干形、灌木地径、林分起源、灌草丰富度、更新层丰富度。

森林的活力因子是指森林活立木生长与更新的能力,涉及到的评价指标有生物量、生长量和自然更新能力等,常用的指标有林分蓄积量、林分生物量、叶面积指数、树高年生长量、胸径年生长量、林分蓄积生长量、年凋落物量、植株结实状况、枯立木数量、幼苗幼树更新状况等。

森林的稳定性是指林分抵抗外界干扰的能力,包括林分抗病虫害的能力和抗气象灾害的能力 2 个方面。评价中常使用的稳定性指标有病虫害状况、火险等级、有害昆虫与天敌数量、自然灾害发生程度、林分易燃指数、风倒木数量、雷击木数量、病虫害发生面积、污染程度等。

1.3 评价模型的构建

依据层次分析的原理,将刺槐人工林健康评价指标体系分为 3 层(目标层、准则层和指标层),按两级综合评价的思路构建评价模型。

1.3.1 数据的标准化 对野外调查数据进行归纳处理,对指标数据进行标准化处理^[15]。标准化公式为:

$$Y_i = X_i / X_{\max}$$
 (1)

式中, Y_i 为标准化后值, X_i 为指标的实测值, $X_{\max}$ 为该指标的最大值。

标准化后发现,评价指标可分为 3 类:(1)正相关指标。指标健康得分值越高,该指标健康程度越高,如立地质量、平均树高、平均胸径。(2)负相关指标。指标健康得分值越高,该指标健康程度反而越低,如病虫害、枯梢比等。(3)双向指标。指标健康得分在某一区间时,该指标健康程度为最佳,随着指

标的升高或降低,该指标的健康程度降低,如郁闭度。由于双向指标在本试验中影响不大,故仍然使用公式(1)的处理方式进行处理。负相关指标使用公式 $X' = 1 - X$ 进行转换^[7]。

1.3.2 权重及变异系数的计算 通过方差分析、Delphi-AHP 法和层次分析法相结合的方式确定各评价指标的权重。通过计算不同龄级指标权重的变异系数,对指标进行再次筛选,变异系数计算公式为:

$$CV = \sigma / \mu \times 100\%$$
 (2)

式中:CV 为变异系数, σ 为标准差, μ 为平均值。

数据的统计分析使用 SPSS 20.0、OriginLab OriginPro 8.5 和 Excel 2007 等软件进行。

2 结果与分析

2.1 评价指标的初步遴选

在渭北地区,数千年的农耕生产和频繁的人为活动使当地的原生植被已被破坏殆尽,人工林下的植被多为在人工扰动下,植被恢复初期侵入的先锋草本植物。郭琳等^[16]的研究表明,渭北黄土高原人工刺槐林下植被的演替依次经历了艾蒿、葎草、葎草+糙苏 3 种主要类型,主要建群种表现出由 1 年生向多年生、由低级向高级演替的趋势,其 Patrick、Shannon-Wiener、Simpson 和 Pielou 等多样性指数随刺槐林龄级的增加均呈二次函数变化,说明该地区植物多样性指标存在不稳定性,其对人工林生态系统的稳定性缺乏指示作用。因此,在该地区人工林健康评价中,可不考虑物种多样性指标。基于以上指标遴选原则及其内涵界定,本试验从林分结构、林分活力和林分稳定性 3 类因子中,选择能反映林分自身健康特性且易于测定的 9 个指标构建评价指标体系^[17-22],结果见图 1。

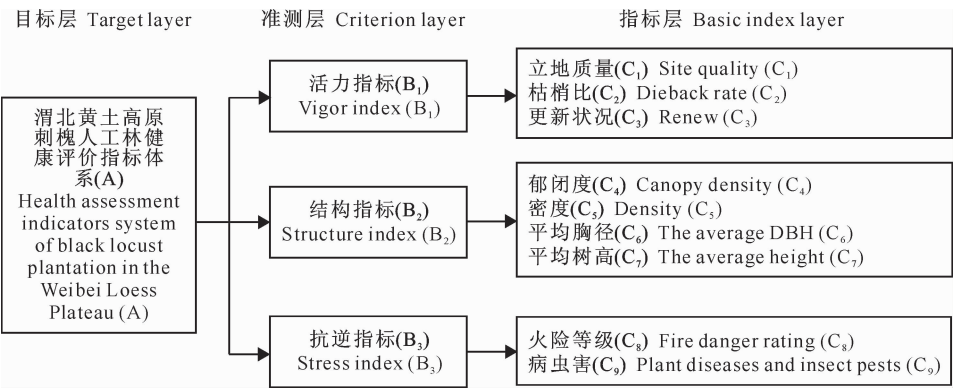


图 1 渭北黄土高原刺槐人工林健康评价指标体系

Fig. 1 Health assessment index system of black locust plantation in Weibei Loess Plateau

2.2 评价指标的权重计算及再筛选

常见的权重计算方法有方差法、Delphi-AHP法和层次分析法。方差法是根据各指标方差大小分配权重,该权重是自然状态的客观体现,不含有任何的人为因素。Delphi-AHP法和层次分析法是对自然状态的人为判断,带有一定的主观性。本试验采用3种方法相结合的方式计算权重,取三者权重的加权平均值,作为各评价指标的权重,结果见表1。

据“陕西省森林资源二类调查实施办法”将刺槐人工林分为幼龄林(10年以下)、中龄林(11~20

年)、成熟林(21~30年)、过熟林(31年以上)。采用公式(2)计算不同龄级刺槐人工林各指标权重的变异系数,结果发现,更新状况、郁闭度、平均胸径3个指标权重的变异系数大于40%,表明这3个指标的权重在不同龄级间差异极显著;立地质量、枯梢比、密度、平均树高、火险等级、病虫害等6个指标权重的变异系数大于10%,表明这6个指标的权重在不同龄级间差异显著。上述结果表明,筛选的9个评价指标灵敏度较高,可以作为最终构建刺槐人工林健康评价指标体系的因子。

表 1 渭北黄土高原刺槐人工林健康评价体系及其权重

Table 1 Health assessment indicators system and weight of Acacia forest in Weibei Loess Plateau								
目标层 A Target layer A	准则层 B Criterion layer B	指标层 C Basic index layer C	幼龄林 Young forest	中龄林 Immature timber	成熟林 Mature forest	过熟林 Overmature forest	变异系数/% Coefficient of variation	
刺槐林健康 评价指标体系 Health assessment indicators system	活力指标(B ₁) Vigor Index (B ₁)	立地质量(C ₁) Site quality (C ₁)	0.15	0.15	0.10	0.08	29.66	
		枯梢比(C ₂) Dieback rate (C ₂)	0.15	0.16	0.22	0.23	21.48	
		更新状况(C ₃) Renew (C ₃)	0.13	0.10	0.09	0.02	54.76	
	结构指标(B ₂) Structure index (B ₂)	郁闭度(C ₄) Canopy density (C ₄)	0.13	0.07	0.02	0.14	62.21	
		密度(C ₅) Density(C ₅)	0.15	0.13	0.14	0.08	24.87	
		平均胸径(C ₆) The average DBH (C ₆)	0.03	0.05	0.09	0.07	43.03	
	抗逆指标(B ₃) Stress index(B ₃)	平均树高(C ₇) The average height (C ₇)	0.05	0.06	0.08	0.05	23.57	
		火险等级(C ₈) Fire danger rating (C ₈)	0.06	0.06	0.07	0.09	20.20	
		病虫害(C ₉) Plant diseases and insect pests (C ₉)	0.15	0.22	0.19	0.24	19.58	

2.3 评价模型的构建

参考 Costanza 等^[6]提出的健康度指标(HI)构建评价模型:

$$HI=\sum_{Bi=1}^3W_{Bi}\sum_{Ci=1}^nW_{Ci}Y_{Ci}。$$
 (3)

式中:HI为生态系统健康指数,W_{Bi}为准则层各层权重,W_{Ci}为指标层各层权重,Y_{Ci}为指标层各指标标准化值。

指标层单个指标健康指数的计算公式为:

$$H_i=W_i\times X_i。$$
 (4)

式中:H_i为单个指标健康指数,W_i为指标权重,X_i为指标标准化值。

表 2 渭北黄土高原刺槐人工林健康等级的划分

Table 2 Division of health assessment status of artificial black locust forests in Weibei Loess Plateau			
龄级 Age class	不健康(Ⅰ) Unhealthy	亚健康(Ⅱ) Sub-health	健康(Ⅲ) Healthy
幼龄林 Young forest	$HI\leqslant 0.40$	$0.40<HI<0.88$	$HI\geqslant 0.88$
中龄林 Immature timber	$HI\leqslant 0.52$	$0.52<HI<0.76$	$HI\geqslant 0.76$
成熟林 Mature forest	$HI\leqslant 0.55$	$0.55<HI<0.73$	$HI\geqslant 0.73$
过熟林 Overmature forest	$HI\leqslant 0.48$	$0.48<HI<0.71$	$HI\geqslant 0.71$

2.5 评价体系的应用

2.5.1 刺槐人工林健康评价结果 研究区3个县84块刺槐人工林调查样地的健康评价结果(表3)表

2.4 各龄级刺槐林健康等级的划分

采用聚类分析的方法,对刺槐林分的健康度得分进行聚类,并根据最终聚类中心划分不健康和健康的临界值。根据聚类结果,对渭北黄土高原刺槐人工林分进行分类,分类标准见表2。健康(Ⅲ)表示林分处于健康状态,具有良好的持续发展潜力;亚健康(Ⅱ)表示林分处于亚健康状态,其持续发展存在障碍因子,应通过及时抚育解除这些因子,使林分恢复健康状态;不健康(Ⅰ)表示林分处于不健康状态,存在多项障碍因子,即使通过抚育也很难恢复健康。

明,处于健康、亚健康和 unhealthy 状况的样地分别占样地总数的45.2%,42.9%和11.9%,表明渭北黄土高原区刺槐人工林总体健康状态不容乐观,急需进

行健康经营抚育。

表 3 渭北黄土高原刺槐人工林健康评价结果

Table 3 Assessment results of locust forests in Weibei Loess Plateau

样地号 Plot number	健康指数 HI	评价结果 Evaluation result	样地号 Plot number	健康指数 HI	评价结果 Evaluation result	样地号 Plot number	健康指数 HI	评价结果 Evaluation result
BS1	0.818	亚健康 Sub-health	FF6	0.744	亚健康 Sub-health	YS18	0.876	亚健康 Sub-health
BS2	0.867	亚健康 Sub-health	FF7	0.628	亚健康 Sub-health	YS19	0.902	健康 Healthy
BS3	0.660	亚健康 Sub-health	FF8	0.482	不健康 Unhealthy	YS20	0.812	健康 Healthy
BS4	0.766	健康 Healthy	FF9	0.459	不健康 Unhealthy	YS21	0.771	健康 Healthy
BS5	0.503	不健康 Unhealthy	FF10	0.515	亚健康 Sub-health	YS22	0.828	健康 Healthy
BS6	0.654	亚健康 Sub-health	FF11	0.407	不健康 Unhealthy	YS23	0.856	健康 Healthy
BS7	0.688	亚健康 Sub-health	FF12	0.749	健康 Healthy	YS24	0.826	健康 Healthy
BS8	0.553	不健康 Unhealthy	FF13	0.686	亚健康 Sub-health	YS25	0.779	健康 Healthy
BS9	0.736	健康 Healthy	FF14	0.660	亚健康 Sub-health	YS26	0.784	健康 Healthy
BS10	0.836	健康 Healthy	FF15	0.891	健康 Healthy	YS27	0.750	亚健康 Sub-health
BS11	0.569	亚健康 Sub-health	FF16	0.679	亚健康 Sub-health	YS28	0.818	健康 Healthy
BS12	0.672	亚健康 Sub-health	YS1	0.667	亚健康 Sub-health	YS29	0.773	健康 Healthy
BS13	0.399	不健康 Unhealthy	YS2	0.943	健康 Healthy	YS30	0.815	健康 Healthy
BS14	0.639	亚健康 Sub-health	YS3	0.637	亚健康 Sub-health	YS31	0.799	健康 Healthy
BS15	0.821	健康 Healthy	YS4	0.927	健康 Healthy	YS32	0.794	健康 Healthy
BS16	0.788	健康 Healthy	YS5	0.922	健康 Healthy	YS33	0.786	健康 Healthy
BS17	0.749	健康 Healthy	YS6	0.982	健康 Healthy	YS34	0.830	健康 Healthy
BS18	0.747	健康 Healthy	YS7	0.698	亚健康 Sub-health	YS35	0.803	健康 Healthy
BS19	0.652	亚健康 Sub-health	YS8	0.687	亚健康 Sub-health	YS36	0.782	健康 Healthy
BS20	0.739	亚健康 Sub-health	YS9	0.755	亚健康 Sub-health	YS37	0.818	健康 Healthy
BS21	0.210	不健康 Unhealthy	YS10	0.620	亚健康 Sub-health	YS38	0.856	健康 Healthy
BS22	0.715	健康 Healthy	YS11	0.683	亚健康 Sub-health	YS39	0.817	健康 Healthy
BS23	0.595	亚健康 Sub-health	YS12	0.519	不健康 Unhealthy	YS40	0.718	亚健康 Sub-health
FF1	0.428	不健康 Unhealthy	YS13	0.625	亚健康 Sub-health	YS41	0.749	亚健康 Sub-health
FF2	0.777	健康 Healthy	YS14	0.464	不健康 Unhealthy	YS42	0.842	健康 Healthy
FF3	0.556	亚健康 Sub-health	YS15	0.599	亚健康 Sub-health	YS43	0.789	健康 Healthy
FF4	0.692	亚健康 Sub-health	YS16	0.567	亚健康 Sub-health	YS44	0.659	亚健康 Sub-health
FF5	0.869	亚健康 Sub-health	YS17	0.742	健康 Healthy	YS45	0.634	亚健康 Sub-health

2.5.2 3 个县刺槐人工林的健康评价结果 白水
县共有样地 23 块,其中不健康林分占 17.4%,亚健
康林分占 47.8%,健康林分只占 34.8%;扶风县共
有样地 16 块,其中不健康林分占 25%,亚健康林分
占 56.3%,健康林分只占 18.7%;永寿县共有样地
45 块,其中不健康林分占 4.4%,亚健康林分占
35.6%,健康林分占 60%(图 2)。综上可知,刺槐人
工林健康状况表现为永寿县优于白水县,白水县优
于扶风县。

2.5.3 不同龄级刺槐人工林的健康评价结果 由
图 3 可知,幼龄林和中龄林的健康状况优于成熟林
和过熟林。幼龄林中不健康林分占 7.6%,亚健康
林分占 46.2%,健康林分占 46.2%;中龄林中不健
康林分占 6.8%,亚健康林分占 40.9%,健康林分占
52.3%;成熟林中不健康林分占 23.1%,亚健康林
分占 46.2%,健康林分占 30.7%;过熟林中不健康
林分占 21.4%,亚健康林分占 42.8%,健康林分占
35.8%。

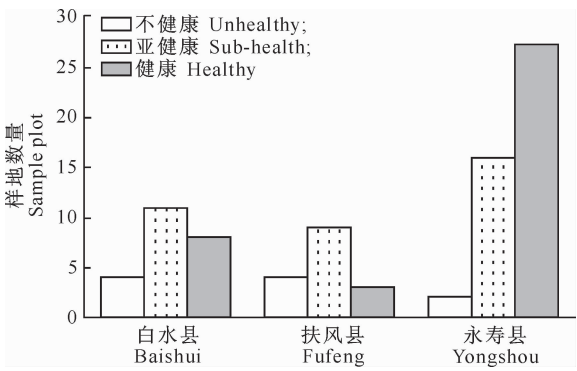


图 2 渭北黄土高原不同县刺槐人工林健康评价结果
Fig. 2 Health evaluation of artificial black locust forests
in different counties of Weibei Loess Plateau

幼龄林处于林分发育的初级阶段,林分内部水
分、养分、光照等条件充足,个体之间竞争程度弱,整
体处于健康状态。随着林分的持续发育,中龄林个
体之间对空间、养分、水分的竞争加剧,在胸径、树
高、干形方面出现差异,健壮植株获得更多资源,病

弱植株营养、光照获取受阻,生长势持续下降,部分植株出现凋亡,林分总体密度减小,郁闭度增大,林分与个体的抗逆能力增强,平均胸径、平均树高持续增加。随着龄级的增大,林分发育到成熟林,个体体积不断增大,对养分、光照、水分的需求增加,个体间竞争激烈,病虫害危害加剧,部分个体生长势减弱并出现枯死现象,林分表现为密度显著减小,郁闭度减小,个体植株生物量增大,抗逆能力降低,此时应该进行择伐,以促进子代植株的发育,保证林分的可持续发育。过熟林林分个体大,密度与郁闭度小,林分对营养、空间、光照、水分的竞争趋于缓和,抵抗力减弱,林分整体处于稳定状态。

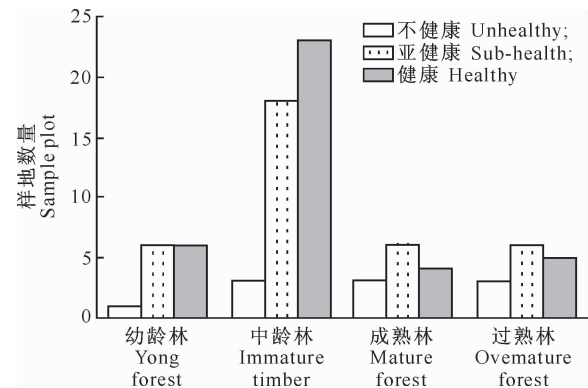


图 3 渭北黄土高原不同龄级刺槐人工林健康评价结果

Fig. 3 Health evaluation of artificial black locust forests with different ages in Weibei Loess Plateau

3 结论与讨论

森林健康评价是对林地进行评估监测的一种有效的技术手段,其通过综合考察分析森林生态系统中的多个生物和非生物因子,来评估林地生态系统的健康状况,发现对森林生态系统具有潜在威胁的因子,为森林的经营管理提供依据,最终实现森林的可持续发展。

本研究在永寿县槐平林场、扶风县野河林场、白水县方山林场选取 84 块样地作为研究对象,进行实地调查,基于科学性、代表性、操作性和系统性的原则,从林分自身生长发育和可持续经营的角度出发,筛选出 9 个评价指标,通过林分活力、林分结构和林分抗逆性 3 个层面对样地进行健康评价。结果表明,所调查的刺槐林地总体处于亚健康状态,健康林占 45.2%,亚健康林占 42.9%,不健康林占 11.9%,整体处于亚健康状态。永寿县刺槐人工林健康林分占 60%,总体处于健康状态;白水县亚健康林分占 47.8%,总体处于亚健康状态;扶风县亚

健康林分占 52.3%,总体处于亚健康状态。永寿县刺槐人工林的健康状况最好,白水县次之,扶风县最差。幼龄林健康林分占 46.2%,总体处于健康状态;中龄林健康林分占 52.3%,总体处于健康状态;成熟林亚健康林分占 46.2%,总体处于亚健康状态;过熟林亚健康林分占 42.8%,总体处于亚健康状态。中龄林健康状况优于幼龄林,幼龄林优于过熟林,过熟林优于成熟林。据此,对幼龄林和中龄林应进行疏伐、间伐和卫生伐,伐掉林分内的病弱植株,调整林分密度,提高林分的空间利用率;对成熟林和过熟林应进行择伐或主伐,调整林分结构,促进林分的自然更新。

通过对亚健康和不健康刺槐林的研究发现,林地内植株个体间差异极大,病虫害和枯梢化严重,人为破坏严重(放牧和盗伐)。故笔者建议,对个体间差异大的林分进行主伐,调整林分结构,提高对光照、水分和养分的利用率;对于病弱植株和枯梢化严重的植株进行卫生伐;对病虫害发生程度严重的地区,使用化学药剂或生物方法进行防治;加强宣传力度,禁止放牧,设立防护围栏,降低人为活动对环境的影响。

本研究构建的森林健康评价体系选择的具体度量指标简单易测,具有较高的可操作性,通过对不同地区和不同龄级刺槐林健康程度的比较分析表明,该指标体系及评价方法能客观评估刺槐林的健康状态,具有一定的科学性和灵敏性。该健康评价指标体系对黄土高原地区刺槐林的健康评价具有一定的参考价值,可为该地区刺槐林的健康经营管理提供科学依据。

[参考文献]

[1] 王懿祥,陆元昌,张守功,等. 森林生态系统健康评价现状及展望 [J]. 林业科学, 2010, 46(2): 134-140.
Wang Y X, Lu Y C, Zhang S G, et al. Present situation and prospect of forest ecosystem health assessment [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2010, 46(2): 134-140. (in Chinese)

[2] 郭艳荣,铁牛,张秋良,等. 森林健康评价研究综述 [J]. 林业调查规划, 2011, 36(1): 26-30.
Guo Y R, Tie N, Zhang Q L, et al. Research on assessment of forest health [J]. Forest Inventory and Planning, 2011, 36(1): 26-30. (in Chinese)

[3] 王忠春,亢新刚,罗仙仙,等. 森林健康评价研究进展 [J]. 西北林学院学报, 2010, 25(5): 163-169.
Wang Z C, Kang X G, Luo X X, et al. Progress on the assessment of forest health [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(5): 163-169. (in Chinese)

- [4] Christopher W, Michael C, William A, et al. Status and future of the forest health indicators program of the USA [J]. *Environ Monit Assess*, 2011, 177: 419-436.
- [5] Antoine K, Ronald S, Nicholas W, et al. Genomics of forest and ecosystem health in the Fagaceae: Meeting report [J]. *Tree Genetics & Genomes*, 2010, 6: 815-820.
- [6] Costanza R, Norton B G, Haskell B D. Ecosystem health: New goals for environmental management [M]. Washington DC: Island Press, 1992.
- [7] 刘恩田, 赵忠, 宋西德, 等. 渭北黄土高原刺槐林健康评价指标体系的构建 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2010, 38(10): 67-75.
- Liu E T, Zhao Z, Song X D, et al. Construction of index system for stand health assessment of locust forest in the Weiwei Loess Plateau [J]. *Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed*, 2010, 38(10): 67-75. (in Chinese)
- [8] 李静锐, 张振明, 罗凯, 等. 森林生态系统健康评价指标体系的建立 [J]. 水土保持研究, 2007, 6(3): 173-177.
- Li J R, Zhang Z M, Luo K, et al. The establishment of forest ecosystem health assessment index [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2007, 6(3): 173-177. (in Chinese)
- [9] 闫东锋, 耿建伟, 杨喜田, 等. 宝天曼自然保护区森林生态系统健康评价 [J]. 西北林学院学报, 2011, 26(2): 69-74.
- Yan D F, Geng J W, Yang X T, et al. Health evaluation of forest ecosystem in Baotianman Nature Reserve [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2011, 26(2): 69-74. (in Chinese)
- [10] 张秋根, 王桃云, 钟全林. 森林生态环境健康评价初探 [J]. 水土保持学报, 2003, 17(5): 16-18.
- Zhang Q G, Wang T Y, Zhong Q L. Forest eco-environment health assessment [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 17(5): 16-18. (in Chinese)
- [11] 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.
- Xiao F J, Ouyang H, Fu B J, et al. Forest ecosystem health assessment indicators and application in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(6): 803-809. (in Chinese)
- [12] 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.
- Wang B, Guo H, Wang Y, et al. Review on the evaluation of forest ecosystem health [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2007, 5(3): 114-121. (in Chinese)
- [13] 孔红梅, 赵景柱, 马克明, 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.
- Kong H M, Zhao J Z, Ma K M, et al. Assessment method of ecosystem health [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(4): 486-490. (in Chinese)
- [14] 彭建, 王仰麟, 吴建生, 等. 区域生态系统健康评价: 研究方法进展 [J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4877-4885.
- Peng J, Wang Y L, Wu J S, et al. Evaluation for regional ecosystem health: Methodology and research progress [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4877-4885. (in Chinese)
- [15] 章令俐, 刘义, 李景文, 等. 北京地区蒙古栎林生态系统健康评价指标体系研究 [J]. 林业资源管理, 2009(1): 54-59.
- Zhang L L, Liu Y, Li J W, et al. The forest health assessment indicator system based on the biodiversity for the *Quercus mongolica* forest in Beijing area [J]. *Forest Resources Management*, 2009(1): 54-59. (in Chinese)
- [16] 郭琳, 宋西德, 张永, 等. 永寿刺槐人工林下植被多样性比较研究 [J]. 西北林学院学报, 2010, 25(3): 20-23.
- Guo L, Song X D, Zhang Y, et al. Comparative analysis of plant diversity of *Robinia pseudoacacia* in Yongshou county [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2010, 25(3): 20-23. (in Chinese)
- [17] 张建军, 贺维, 纳磊. 黄土区刺槐和油松水土保持林合理密度的研究 [J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(2): 55-59.
- Zhang J J, He W, Na L. Study on appropriate density of *Pinus tabulaeformis* and *Pseudoacacia* for soil and water conservation forests in Loess area [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2007, 5(2): 55-59. (in Chinese)
- [18] 郭秋菊, 王得祥, 保积存. 秦岭火地塘林区锐齿栎林健康状况评价与重要影响指标分析 [J]. 西北林学院学报, 2013, 28(1): 19-25.
- Guo Q J, Wang D X, Bao J C. Forest health assessment and analysis of important relative indicators of *Quercus aliena* var. *acuterrata* in Huoditang of Qinling Mountains [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2013, 28(1): 19-25. (in Chinese)
- [19] 李杰, 宁杨翠, 郑小贤. 金钩岭林场杨桦次生林健康评价研究 [J]. 西北林学院学报, 2013, 28(2): 191-195.
- Li J, Ning Y C, Zheng X X. Health assessment of Polar-Birch secondary forests in Jingouling [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2013, 28(2): 191-195. (in Chinese)
- [20] 刘康, 陈一鹏. 渭北黄土高原区刺槐人工林群落生物生产力的研究 [J]. 西北植物学报, 1989, 9(3): 197-201.
- Liu K, Chen Y E. A study on biotical productivity of *Robinia pseudoacacia* at Loess Plateau area of North Weihe river [J]. *Acta Botanica Noreali-occidentalia Sinica*, 1989, 9(3): 197-201. (in Chinese)
- [21] 耿兵, 王华田, 王延平, 等. 刺槐萌生林与实生林的生长比较 [J]. 中国水土保持学报, 2013, 11(2): 59-64.
- Geng B, Wang H T, Wang Y P, et al. Comparative study of coppice and seeding forest of *Robinia pseudoacacia* [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2013, 11(2): 59-64. (in Chinese)
- [22] 康博文, 刘建军, 侯琳, 等. 延安市城市森林健康评价 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(10): 81-86.
- Kang B W, Liu J J, Hou L, et al. Health assessment of urban forest ecosystem in Yan'an City [J]. *Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed*, 2006, 34(10): 81-86. (in Chinese)