

DOI: 10.5846/stxb201306051360

于金涛, 雷静品, 王鹏程, 肖文发. 秭归县防护林健康评价指标体系的建立及应用. 生态学报, 2015, 35(7): 2094–2104.

Yu J T, Lei J P, Wang P C, Xiao W F. Health evaluation model of shelterbelt and its application in Zigui County of the Three Gorges Reservoir area. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(7): 2094–2104.

秭归县防护林健康评价指标体系的建立及应用

于金涛¹, 雷静品^{2,*}, 王鹏程¹, 肖文发³

1 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070

2 中国林业科学研究院林业所, 北京 100091

3 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091

摘要:以秭归县防护林为研究对象,通过传统生态学调查和相关室内分析,在林分水平上建立了包括林分结构、林分功能、生态环境和健康风险 4 个一级指标、20 个二级指标的防护林健康评价指标体系。在综合相关林分健康评价的基础上,制定防护林健康评价指标优劣等级表,采用 Delphi-AHP 法设置指标权重,利用生态系统健康综合指数模型计算防护林健康指数,分析秭归县防护林健康状况。结果表明:秭归县防护林健康综合指数的范围在 0.5000—0.9000 之间,健康指数均值为 0.6921,秭归县防护林整体处于亚健康状态;9 种防护林类型健康状况排序为:阔叶混交林>针阔混交林>针叶混交林>阔叶纯林>马尾松纯林>柏木纯林>其它针叶纯林>经济林>灌木林,即是混交林>纯林>经济林>灌木林;秭归县防护林健康指数具有空间变异性,在水平方向上,秭归县辖下乡、镇防护林健康指数从南向北有逐渐递减的趋势,在垂直方向上,防护林健康指数随海拔增高逐渐增大,海拔 1000 m 以上逐渐降低,健康指数表现出随海拔升高由小变大、又由大变小的变化特点。

关键词:秭归县;防护林;林分;指标体系;健康评价

Health evaluation model of shelterbelt and its application in Zigui County of the Three Gorges Reservoir area

YU Jintao¹, LEI Jingpin^{2,*}, WANG Pengcheng¹, XIAO Wenfa³

1 College of Horticulture and Forestry, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

2 Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

3 Research Institute of Forest Ecology Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

Abstract: Based on the traditional forest field surveys and related analysis, twenty indexes in four aspects of forest stand structure, forest stand functional, ecological environment, and health risks were selected to represent the shelterbelt forest health status. As a result, the health evaluation model of shelterbelt was developed. Additionally, the weights and levels of different aspects and factors were then determined according to the Delphi-AHP model and its ecological significances. To illustrate the health evaluation model, the health status of shelterbelt in Zigui Country was evaluated. The evaluation results showed that the health index of shelterbelt in Zigui Country varied at the range from 0.5000 to 0.9000. Its mean value was 0.6921. The results indicated that the shelterbelt in Zigui Country were in the sub-health state. But, the health status is different in the nine types of forests. The health rank is broad-leaved mixed forest>coniferous and broad-leaved mixed forest>coniferous forest>broad-leaved forest>masson pine forest>cedar forest>other coniferous forest>economic forest>shrubbery. It revealed that the health ranks of forest vegetation types varied along the order of the mixed forest>pure forest>economic forest>shrubbery. Additionally, a significantly spatial heterogeneity was founded in the health status of shelterbelt in Zigui

基金项目:国家科技支撑计划项目(2015BAD38B04);长江三峡库区(秭归)森林生态定位站项目资助

收稿日期:2013-06-05; **网络出版日期:**2014-05-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: leijp@caf.ac.cn

Country. The health index of shelterbelt varied along with a decreasing trend from south to north in Zigui Country. The shelterbelt in the southern area had better health status. A single peak trend in topography was also founded in the health status of shelterbelt in Zigui Country. The health index of shelterbelt increased below 1000m while decreased above 1000m.

Key Words: Zigui County; shelterbelt; forest stand; index system; forest health evaluation

健康的生态系统是人类可持续发展的重要前提。防护林作为生态系统的重要组成部分,以保持水土、涵养水源、防风固沙、调节气候、减少污染、减轻灾害为主要目的^[1-4],是人为干预实现生态系统恢复的最普遍、最有效的生态工程^[5]。防护林研究最早出现于 1843 年,前苏联建立了第一个防护林试验站——卡明草原农田防护试验林,由此拉开了各国营造、经营、监测、评价防护林的序幕。其中,较有影响力的有美国大草原各州林业工程计划(即罗斯福工程)、前苏联的斯大林改造自然计划以及我国的三北防护林工程。我国防护林营造规模在 20 世纪发展很快,第六次全国森林资源清查时防护林面积占森林总面积的 31%,在一定程度上改善了生态环境和人民群众的生产生活条件,但是防护林营造和经营管理中也出现了不同程度的问题,如防护林早衰现象,林分结构不合理,经营管理粗放等^[6]。这些问题在一定程度上反映了防护林的健康经营落后于防护林的建设,因此,有必要对我国现有防护林的健康状况进行研究,构建适合防护林健康评价的指标体系和评价方法,以指导我国防护林资源的保护、防护林质量的提高、防护林生态服务功能的充分发挥以及防护林资源的可持续经营。我国对防护林健康研究起步较晚,对防护林健康的概念还尚未形成统一,但是我国学者对于防护林健康的研究主要有三个出发点:一是生态系统观念——针对生态系统的组织结构、自我调节能力和对胁迫的抵抗能力或恢复力等防护林自身生长状况的健康^[7];二是功利主义观念——针对涵养水源、防风固沙、保持水土、固碳释氧等防护林生态功能发挥状况的健康^[8-9];三是平衡两者的综合考虑^[10]。前两者对防护林健康的研究过于片面,应当平衡两者综合考虑,才能对防护林健康进行较全面的评价。

秭归县地处湖北省宜昌市,位于三峡工程坝上库首,地理位置显要。全县总面积为 2427 km²,2012 年有林地面积为 1388 km²,占土地总面积的 57.19%,防护林覆盖率较高。但是,秭归县防护林多处于中、幼龄期,人工林面积较大,占防护林总面积的 41.75%,且防护林结构较为单一。秭归县特殊的地理位置决定了防护林的生态战略地位,防护林的健康状况对于维持稳定的生态环境具有重要作用。目前,对于防护林的研究主要涉及森林与土壤侵蚀的相关性研究^[11]、水土保持效益研究^[12]、生态服务价值研究^[13],尚未见林分水平上防护林健康状况综合评价的研究。因此,本文探索在林分水平上对秭归县防护林进行全面评价,对防护林的现状和当前存在的问题进行客观评估,为防护林的规划和可持续经营提供理论依据。

1 研究区域概况

秭归县地处东经 110°00′—110°18′,北纬 30°37′—31°11′,属于亚热带大陆性季风气候,四季分明。全县年平均气温 17.9℃,年平均降水量 1006.8 mm。境内山脉为巫山余脉,平均海拔为 800 m,地势西南高、东北低,属长江三峡山地地貌。全县土壤类型主要有黄壤、黄棕壤、棕壤、石灰土、紫色土、潮土和水稻土等 7 种土壤类型。秭归县植物物种较为丰富,森林结构多样,植物群落包括 6 个大类、12 个亚类和 5 个区系。

2 研究方法

2.1 防护林林分类型的划分

由于秭归县特殊的地理位置,本研究将县域内所有森林都视为防护林。根据秭归县防护林优势树种组成、分布面积,归纳总结秭归县林业的相关研究^[14-15],为调查、研究、分析的方便,将全县防护林分为马尾松(*Pinus massoniana*)林、柏木(*Cupressus funebris*)林、其它针叶(杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、华山松(*Pinus armandii*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、落叶松(*Larix gmelinii*)等)纯林、其它阔叶(刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、

栓皮栎(*Quercus variabilis*)、麻栎(*Quercus acutissima*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)等)纯林、针叶混交林(马尾松杉木混交林、马尾松柏木混交林等)、阔叶混交林(栎类混交林、油桐栎类混交林等)、针阔混交林(马尾松栎类混交林、柏木栎类混交林等)、灌木林(马桑(*Coriaria nepalensis*)、黄栌(*Cotinus oggygia*)、檵木(*Lorpetalum chinense*)等)、经济林(柑橘(*Citrus reticulata*)、板栗(*Castanea mollissima*)等)等9种林分类型。

2.2 样地调查设计

依据不同林分类型的汇总面积,在12个乡镇共设置157个随机样地,每个样地设置3个土壤剖面,每个剖面取2个土样,共942个土样。样方调查采用随机抽样方法获取基础数据,样地设置为20 m×20 m,并在其中设置4个2 m×2 m灌木小样方,在各灌木小样方中设1 m×1 m的草本小样方。样地调查内容和方法:(1)立地条件调查:海拔、经纬度、坡度、坡位、坡向、土壤类型、土层厚度等环境因子;(2)乔木层调查:林分起源、林龄结构、树种组成、郁闭度、树高、胸径等;(3)灌木层调查:盖度、种类以及乔木更新情况等;(4)草本层调查:盖度、种类等;(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,钢卷尺测量腐殖质层和凋落物层厚度,并估算枯落物层盖度;(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0—20 cm土层中部用环刀取土,重复一次,用于测量土层厚度、土壤孔隙度等物理性质^[16],再用塑封袋取土样带回实验室,测其土壤有机质等化学性质^[17]。

通过以上调查可获得秭归县防护林总体概况(表1)。

表1 秭归县不同类型防护林基本概况^①

Table 1 Basic information of various category of shelterbelt in Zigui County

林分类型 Stand type	样地数 Samples number	经度(E) Longitude	纬度(N) Latitude	海拔 Elevation/m	坡度 Slope/(°)	郁闭度 Closure
马尾松林 Pinus massoniana forests	29	110°23'32" 110°58'29"	30°42'58" 31°06'45"	328—1108	10—38	0.25—0.9
柏木林 Cupressus funebris forests	13	110°23'34" 110°50'27"	30°49'55" 31°09'03"	237—963	15—35	0.3—0.7
其它针叶林 Other coniferous forests	10	110°25'52" 110°56'18"	30°45'55" 31°04'03"	612—1413	5—37	0.3—0.6
阔叶林 Broad-leaved forests	19	110°23'54" 110°58'27"	30°41'57" 31°09'08"	232—1396	10—35	0.2—0.8
针叶混交林 Mixed coniferous forests	13	110°25'58" 110°54'25"	30°43'27" 31°04'12"	488—1075	10—45	0.4—0.7
针阔混交林 Coniferous-broadleaved mixed forests	26	110°23'53" 110°57'51"	30°43'53" 31°09'25"	261—1206	5—45	0.4—0.75
阔叶混交林 Broad-leaved mixed forests	11	110°25'37" 110°58'01"	30°43'39" 30°51'01"	287—1143	5—45	0.3—0.8
灌木林 Shrub communities	10	110°31'04" 110°49'45"	30°50'27" 31°05'43"	209—1347	20—77	
经济林 Economic forests	26	110°28'50" 110°54'54"	30°49'16" 31°09'26"	175—1084	5—35	0—0.8

①“空白”表示没有这项指标

2.3 指标体系建立

防护林健康既包含生态系统所具有的稳定的组织结构、较强的自我调节能力和对胁迫的抵抗能力或恢复力等防护林自身生长状况的健康,又包含涵养水源、保持水土、固碳释氧等防护林生态功能发挥状况的健康^[18]。换言之,健康的防护林一般具有以下特征:(1)具有复杂的结构,结构的复杂化是保持其生态系统稳定性的前提;(2)具有满足人类适度需要的生态服务能力;(3)具有异质的生态环境,复杂的生态环境为丰富的生物提供适宜的栖息地;(4)具有抵抗外界适度干扰的能力以及自主恢复到稳定状态的能力。

遵循健康防护林的特征,在防护林健康评价指标中应涉及到结构、功能、环境、抵抗力或恢复力,才能建立全面、系统的评价指标体系。因此,本研究采用“林分结构-林分功能-生态环境-健康风险”的框架构建系统化

评价指标体系(图1)。

指标的选取依据科学性、可操作性、系统性和独立性的原则。

(1)科学性原则 需能反映秭归县防护林的主体现状,并且概念准确、清晰明了,选取指标必须科学反应防护林的状况;

(2)可操作性原则 指标具有可测性和可比性,便于操作应用;

(3)系统性原则 指标体系能全面、系统反映防护林的主要特征和状态,全部指标组成完整的评价系统;

(4)独立性原则 各指标间应相互独立,不交叉,避免重复评判带来的误差。

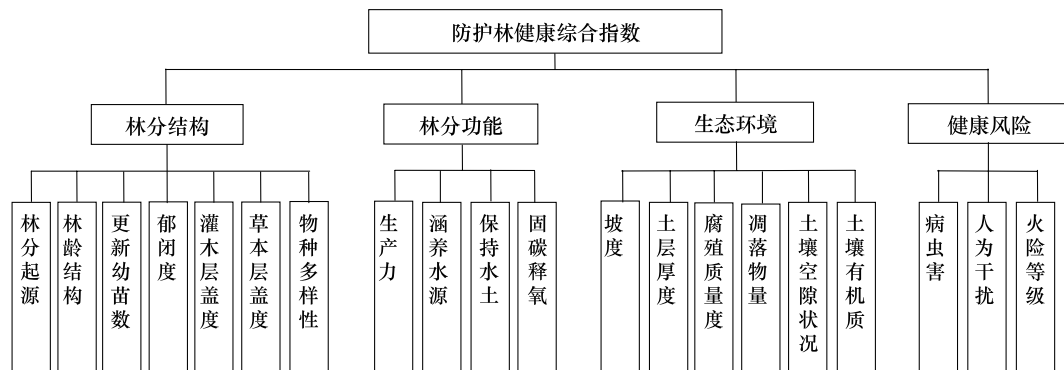


图1 防护林健康评价指标体系

Fig.1 Indicators system of shelterbelt health assessment

2.4 指标计算方法

(1)更新幼苗数(株/m²)=更新幼苗数(株)/样地面积(m²)

(2)生产力 采用净初级生产力^[19] $NPP(t\cdot hm^{-2}\cdot a^{-1})=总生产量(t/hm^2)/林分平均年龄(a)$

(3)涵养水源 采用林内降水贮存量(m³/hm²)^[20] $=1000\ m^2\times林内土壤平均深度(m)\times林内土壤的非毛管孔隙度。$

(4)保持水土 采用土壤侵蚀程度间接衡量防护林的保持水土功能,具体分类依据土壤侵蚀分类分级标准^[21]。

(5)固碳释氧^[22] $G=1.63\times CO_2中碳的含量\times林分净生产力+1.19\times林分净生产力$

(6)凋落物量=凋落物盖度×凋落物厚度

(7)土壤孔隙状况 采用非毛管孔隙度。

(8)土壤有机质(g/kg)=1.724×土壤有机碳(g/kg)

(9)病虫害^[23]=(受害株数/样地总株数)×100%

(10)人为干扰 人为干扰程度分为三级,轻度或无干扰:偶有人进入林内收集枯落物;中度:人为干扰活动主要有打枝、收集枯落物等;重度:遭受伐木、放牧、砍柴、收集枯落物、丢放生活垃圾等^[24-25]。

(11)火险等级 通过总结鲁绍伟等的研究成果^[26],并结合秭归县防护林的实际状况,选取树种组成、林龄、郁闭度、灌草盖度、坡度、坡向、海拔、枯落物量8个火险等级指标(表2),通过统计学方法将各因子叠加,计算获得火险等级指数。

2.5 指标量化方法

本文采用等级评分法进行评价指标的量化处理。评价指标优劣等级划分,参照森林可持续状况评价导则^[27],将每个评价指标基准值划分为“好”、“中”、“差”3个等级,并利用黄金分割法依次为各个等级赋值1.0、0.62和0.38(表3)。

2.6 指标权重设置

防护林健康评价指标体系建立后,进行指标权重的设置。目前,此类研究使用较多的是 Delphi-AHP 法,

可操作性强。首先邀请森林生态学、景观生态学、树木学、森林经理学、森林土壤学等学科专家各 10 人进行专家打分,并通过 yaahp 软件获得权重判断矩阵,然后计算出其最大特征根对应的特征向量,并通过一致性检验,即获得评价指标的权重(表 3)。

表 2 构成火灾等级 8 因子的等级划分

Table 2 Eight factors of the vectors of forest combustibility classification

等级 Grade	树种组成 Tree species composition	林龄 Forest age	郁闭度 Clousure	灌木盖度 Shrub and grass cover	坡度 Slope/(°)	坡向 Aspect	海拔 Elevation/m	凋落物厚度 Litter thickness/cm
1	榆树 <i>Ulmus pumila</i> , 刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i> , 经济林	异龄林、中龄林、近熟林	>0.6	<0.3	≤5	北、东北	>1400	<1
2	落叶松 <i>Larix gmelinii</i> , 栎类	成、过熟林	0.5—0.6	0.3—0.4	6—15	东、西北	800—1400	1—2
3	马尾松 <i>Pinus massoniana</i> , 杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i> , 华山松 <i>Pinus armandii</i> , 油松 <i>Pinus tabulaeformis</i> , 柏木 <i>Cupressus funebris</i>	阔叶幼龄林	0.4—0.5	0.4—0.5	15—25	东南、西	<800	2—3
4	灌木林	针叶幼龄林	0.3—0.4	0.5—0.6	25—35	南、西南		3—4
5			<0.3	>0.6	35—45			>4

表 3 防护林健康状况评价指标优劣等级及权重

Table 3 Assessment scale and index weight of shelterbelt health

一级指标 Level indicators	二级指标 Secondary indicators	评价指标优劣等级 Evaluation index level		
		好(1.0) Better(1.0)	中(0.62) Good(0.62)	差(0.38) Bad(0.38)
林分结构	林分起源(0.1251)	天然林	次生林	人工林
Stand structure (0.3231)	林龄结构(0.1703)	异龄林,或近、成熟林	中龄林	幼龄林
	更新幼苗数(0.2395)/(株/m ²)	>1	0.5—1	<0.5
	郁闭度(0.1086)	>0.6	0.3—0.6	<0.3
	灌木层盖度(0.0470)	>0.6	0.3—0.6	<0.3
	草本层盖度(0.0584)	>0.6	0.3—0.6	<0.3
	物种多样性(0.2511)	阔叶混交林、阔叶树为主的针阔混交林,物种丰富	针阔混交林,阔叶树比重≥30%,物种较丰富	建群树种为针叶树或为单一的灌草植被
林分功能	生产力(0.4812)/(t/hm ² a)	>13	6—13	<6
Functions of forest stands(0.4166)	涵养水源(0.1470)/(m ³ /hm ²)	>800	187.7—800	<187.7
	保持水土(0.1859)	轻度	中度	强度
	固碳释养(0.1859)/(t/hm ² a)	>8.24	4.12—8.24	<4.12
生态环境	坡度(0.0040)/(°)	<15	15—35	>35
Ecological environments (0.0775)	土层厚度(0.2017)/(cm)	>60	30—60	<30
	凋落物量(0.1577)/(m ³ /m ²)	>0.035	0.01—0.035	<0.01
	腐殖质厚度(0.2146)/cm	>20	10—20	<10
	土壤孔隙状况(0.1427)/%	>11	3—11	<3
	土壤有机质(0.2318)/(g/kg)	>30	20—30	<20
健康风险	病虫害(0.5262)/%	<5	5—20	>20
Health risk(0.1828)	人为干扰(0.3132)	轻度或无干扰	中度	重度
	火险等级(0.1606)	<10	10—20	>20

2.7 指标评价方法建立

本研究综合生态系统健康评价过程中的生态系统健康综合指数模型^[28-29],根据防护林健康评价指标体系对防护林健康状况评价。计算方法如下:

$$HI = W_1 \sum_{i=1}^m w_i O_i + W_2 \sum_{j=1}^m w_j f_j + W_3 \sum_{k=1}^m w_k r_k + W_4 \sum_{l=1}^m w_l S_l$$

式中, HI 为防护林健康综合指数; O_i 、 f_j 、 r_k 、 S_l 分别代表林分结构、林分功能、健康风险和生态环境一级指标中的二级指标的得分; w_i 、 w_j 、 w_k 、 w_l 分别代表林分结构、林分功能、健康风险和生态环境一级指标中的二级指标的权重,并且:

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1, \quad \sum_{j=1}^n w_j = 1, \quad \sum_{k=1}^u w_k = 1, \quad \sum_{l=1}^v w_l = 1$$

式中, W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 分别代表林分结构、林分功能、健康风险和生态环境一级指标的权重,并且:

$$W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 1$$

3 结果与分析

3.1 防护林健康等级划分

依据生态系统健康综合指数模型,计算获得秭归县防护林健康指数分布范围在 0.50—0.90 之间,主要集中在 0.65—0.75 之间,共有 103 块样地,占总样地数的 66%,而小于 0.6 的样地有 23 个,大于 0.80 的样地有 31 个(图 2)。参考鲁绍伟等对八达岭林场森林健康等级划分的研究成果^[30],并结合各样地健康综合指数的概率分布,本文将秭归县防护林健康状况分为 4 个等级(表 4)。

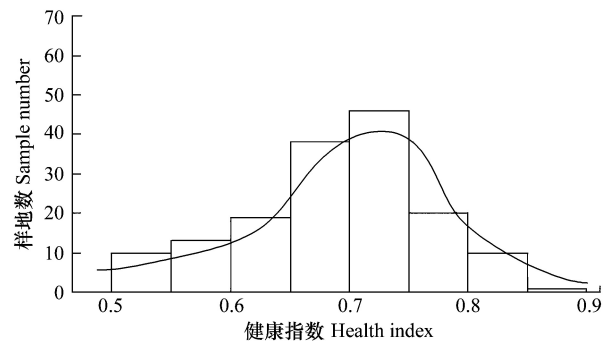


图 2 秭归县防护林样地健康指数概率分布图

Fig.2 The probability distribution of health indicators of shelterbelt plots in Zigui County

表 4 秭归县防护林健康等级

Table 4 Shelterbelt health status in Zigui County

健康等级 Health Level	不健康 Unhealthy	亚健康 Sub-health	健康 Health	优质健康 Quality health
健康指数 Health index	[0,0.60)	[0.60,0.75)	[0.75,0.90)	[0.90,1.00]

3.2 秭归县防护林健康评价分析

依据防护林健康等级表,秭归县防护林不健康的样地有 22 个,亚健康的样地有 96 个,健康的样地有 39 个,调查样地中没有优质健康的。不健康的防护林最少,占总样地的 14%,亚健康和健康的防护林占 86%,秭归县防护林整体处于亚健康状态,健康指数均值为 0.6921。但是,健康状况的防护林仅占 25%,优质健康的防护林为 0,可见秭归县防护林健康的总体质量不高,应该引起有关部门的重视,采取积极措施,使防护林经营朝健康方向发展。

根据各乡、镇防护林健康等级比例,得到各乡、镇防护林健康综合指数评价结果(图 3)。具体表现为只有磨坪乡整体处于健康等级,其它 11 个乡、镇都处于亚健康等级,其中归州镇防护林健康水平最差,健康指数为 0.6465。

构成秭归县防护林的 9 种林分类型防护林的健康状况也是不尽相同的(表 5),相比之下,阔叶混交林健康指数均值最大为 0.7388,灌木林健康指数均值最小为 0.5858,整体上健康状况排序为:阔叶混交林>针阔混交林>针叶混交林>阔叶纯林>马尾松纯林>柏木纯林>其它针叶纯林>经济林>灌木林,即是混交林>纯林>经济林>灌木林。按照防护林健康等级表划分,只有灌木林整体属于不健康等级,其它 8 种林分类型总体都处于亚健康等级。

3.3 秭归县防护林健康指数的空间变异分析

3.3.1 秭归县防护林健康指数的水平变异

由于长江横穿县城,为了分析秭归县防护林健康状况与其水平位置的关系,特进行防护林健康状况水平

分布特点分析,结果发现长江以南的 8 个乡、镇防护林健康状况比长江以北的 4 个乡、镇好(图 4)。分析原因可能是因为长江以北为老县城区,相对面积小人口多,土地利用率高,经济基础较好,人为干扰强度大,造成景观连通性和生物多样性较差。而长江以南地区,面积大人口相对较少,土地利用集中,植被覆盖率高,具有较多的天然植被。

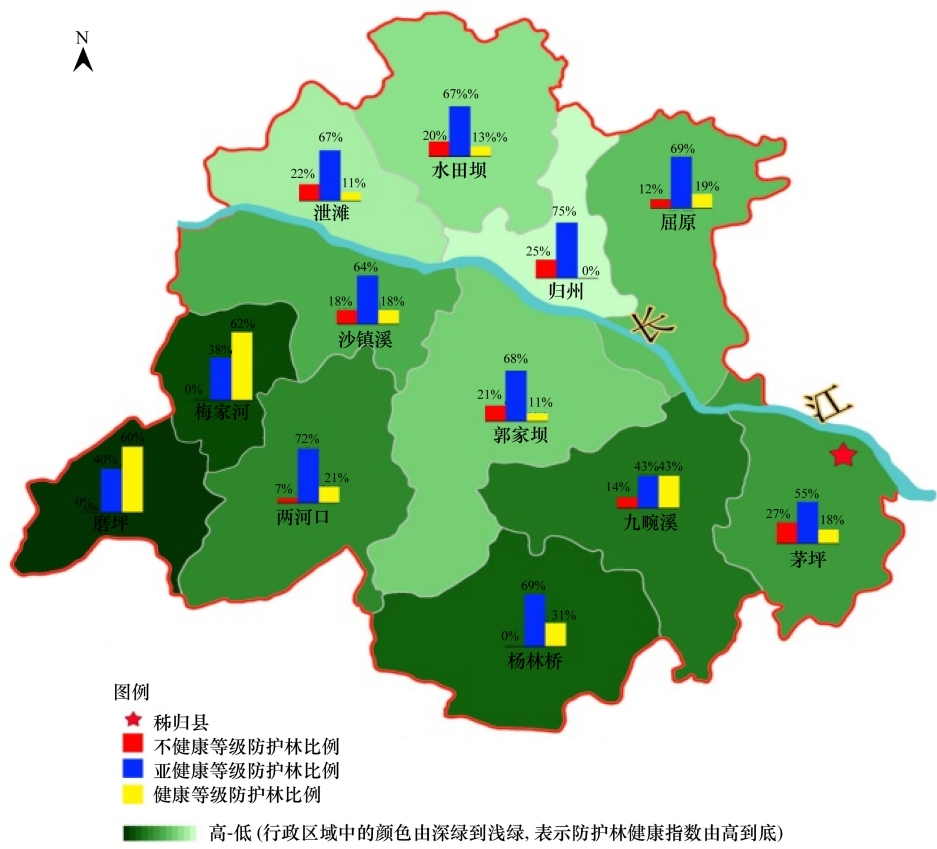


图 3 秭归县各乡镇防护林健康评价结果

Fig.3 Shelterbelt health assessment values of each town in Zigui County

表 5 不同林分类型防护林健康指数^①

林分类型 Stand type	林分结构 Stand structure	林分功能 Stand function	生态环境 Ecological environment	健康风险 Health risk	健康指数 Health index
马尾松纯林 Pure pinus massoniana forests	0.6101	0.7345	0.5876	0.9060	0.7143
柏木纯林 Pure cupressus funebris forests	0.5522	0.6966	0.6131	0.8872	0.6783
其它针叶纯林 Other pure coniferous forests	0.5520	0.6859	0.5601	0.8955	0.6712
阔叶纯林 Pure broad-leaved forests	0.6441	0.7316	0.5832	0.9082	0.7241
针叶混交林 Mixed coniferous forests	0.6122	0.7612	0.5972	0.8968	0.7252
针阔混交林 Coniferous-broadleaved mixed forests	0.6910	0.6986	0.6086	0.9226	0.7301
阔叶混交林 Broad-leaved mixed forests	0.7133	0.7038	0.6020	0.9213	0.7388
灌木林 Shrub communities	0.5126	0.4930	0.5571	0.9390	0.5858
经济林 Economic forests	0.5594	0.5839	0.5540	0.8681	0.6256

①以上数值均为平均值

秭归县辖下乡、镇防护林健康指数由南向北有逐渐递减的趋势(图 5)。形成这样的结果,可能是由影响防护林生长状况的因子导致的:一是气候、地形、地貌、土壤等生态环境因子;二是人口密度、经济水平等社会

经济因子。生态环境因子是林木生长的基础,如光、热、水、肥等直接影响林木的生长发育,因此,南北自然条件的不同可能是导致不同乡、镇防护林健康状况差异的因素。社会经济条件通过人为因素间接影响着林木生长状况,因而,不同乡镇的人口密度、经济发展水平等可能是导致防护林健康状况差异的又一诱因。



图 4 秭归县各乡、镇分布图
Fig 4 Distribution of each town in Zigui County

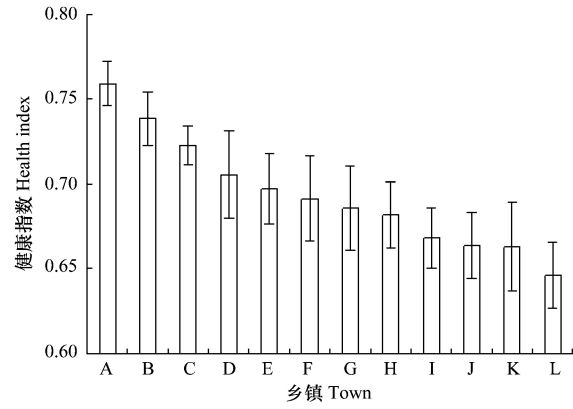


图 5 秭归县各乡、镇防护林健康指数
Fig 5 Shelterbelt health index of each town in Zigui County
A. 磨坪乡; B. 梅家河乡; C. 杨林桥镇; D. 九畹溪镇; E. 两河口镇; F. 茅坪镇; G. 沙镇溪镇; H. 屈原镇; I. 郭家坝镇; J. 水田坝乡; K. 泄滩乡; L. 归州镇。

为进一步探究影响长江南北防护林健康差异的主要因素,根据现有数据资料,本文选取坡度、土层厚度、土壤有机质、土壤孔隙度、人口密度、人均收入、距县城的距离、距长江的距离 8 个因子与防护林健康指数进行 pearson 相关性分析,确定影响秭归县防护林健康水平变异的主要因子(表 6)。

表 6 各影响因子与防护林健康指数的相关性分析^①
Table 6 Correlation analysis of the influencing factors and shelterbelt health index

影响因子 Influence factor	相关系数 Correlation coefficient	显著性 Distinguished difference
坡度 Slope	-0.548	0.068
土层厚度 Soil thickness	-0.205	0.523
土壤有机质 Soil organic matter	0.563	0.057
土壤孔隙度 Soil porosity	0.664 *	0.018
人口密度 Population density	-0.142	0.659
人均收入 Per capital income	-0.624 *	0.030
距县城的距离 Distance from the county	0.277	0.383
距长江的距离 Distance from the Yangtze River	0.858 **	0.000

①人口密度、人均收入均采用近 5 年的官网统计结果; ** $P<0.01$, * $P<0.05$

坡度、土层厚度、人口密度、人均收入与乡、镇防护林健康指数呈负相关,土壤有机质、土壤孔隙度、距县城的距离、距长江的距离与乡、镇防护林健康指数呈正相关。其中,土壤孔隙度与乡、镇防护林健康指数呈显著正相关,人均收入与乡、镇防护林健康指数呈显著负相关,距长江的距离与乡、镇防护林健康指数呈极显著正相关。土壤孔隙度属于土壤质地,说明南北乡镇土壤质地有显著差别,影响了防护林的生长发育;距长江的距离越近、当地人均收入相对高的乡、镇,开发较早,对防护林的干扰相对较大,严重影响了防护林的健康状况。

3.3.2 防护林健康指数的垂直变化特点

秭归县境内山峦起伏重叠,山地、丘陵占土地总面积的 80%左右,而植被覆盖主要分布在中、高海拔地区。为便于研究防护林健康指数随海拔的垂直变化特征,将秭归县样地调查的海拔因子划分为 5 类(表 7)。

表 7 低、中、高海拔分级

Table 7 Low, medium and high altitude classification

低海拔 Low altitude/m	中海拔 Medium altitude/m			高海拔 High altitude/m
0—400	400—600	600—800	800—1000	1000—1500

结果表明防护林健康指数随海拔增高逐渐增大,海拔 1000 m 以上逐渐降低,健康指数表现出随海拔升高由小变大、又由大变小的变化特点(图 6)。

(1)0—400 m 低海拔地区 该区域属于丘陵地形,坡度和缓,自然条件较为优越,是居民点密集区域,农业用地多,植被覆盖率较低,生物多样性偏低,人为干扰强度大,防护林健康状况最差。

(2)400—1000 m 中海拔地区 中海拔区域防护林类型丰富,植被覆盖率较高,因此将中海拔区域细化为 3 个区域:400—600 m、600—800 m 和 800—1000 m,防护林健康指数均值分别为 0.6863、0.6991 和 0.7174,防护林健康指数呈现随海拔增大不断升高的规律,并在 800—1000 m 区域达到相对最高值。

表现出该规律的原因可能是:400—600 m 为复合农林经营区,以经济林为主,林分生产力较低,人为干扰频繁,凋落物量、腐殖质量较少;600—800 m 区域开始出现生态防护林带,以针叶林为主,居民点稀少,人为干扰强度降低;800—1000 m 为生态防护林带,林分类型主要是混交林、阔叶林和针叶林,生物多样性和生产力较高,海拔高人为干扰相对较少。

(3)1000 m 以上高海拔地区 1000 m 以上多为飞播造林,以针叶林为主,林种单一,多为幼龄林,生产力和生态服务功能降低,防护林健康指数均值有所下降。

4 结论

本文论述了防护林健康的内涵、评价指标、评价方法等理论基础,以秭归县防护林为例,通过野外调查和数据分析,制定评价指标优劣等级表,采用 Delphi-AHP 法设置指标权重,利用生态系统健康综合指数模型,分析了秭归县防护林的健康状况,为秭归县防护林的可持续经营与管理提供了科学依据。主要包括:

(1)总结相关森林健康评价的文献,构建了包含 4 个一级指标和 20 个二级指标的林分水平防护林健康评价指标体系。

(2)建立防护林健康评价指标优劣等级表。评价指标体系建立后,进行指标量化,本文采用等级评分法,将指标分为好、中、差三级,为三峡库区防护林健康评价提供了参照。

(3)以秭归县为例,进行防护林健康评价。秭归县防护林整体处于亚健康状态,健康指数均值为 0.6921,其中处于不健康状态的样地占总样地的 14%,处于亚健康状态的样地有 61%,处于健康状态的样地为 25%,处于优质健康状态的样地为 0。

(4)秭归县 9 种类型防护林健康状况排序为:阔叶混交林>针阔混交林>针叶混交林>阔叶纯林>马尾松纯林>柏木纯林>其它针叶纯林>经济林>灌木林,即是混交林>纯林>经济林>灌木林。

(5)秭归县防护林健康指数的空间变异性。水平方向上,秭归县辖下 12 个乡、镇防护林健康指数从南向北有逐渐递减的趋势;垂直方向上,防护林健康指数随海拔升高逐渐增大,到海拔 1000 m 以上出现降低趋势,具有一定的垂直变化趋势。

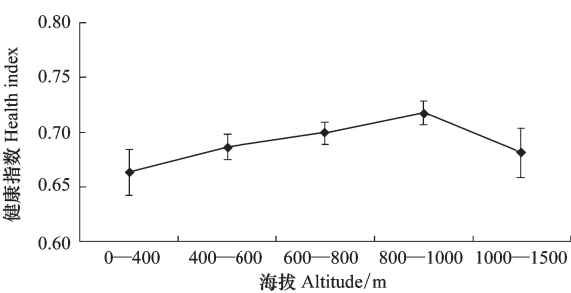


图 6 不同海拔高度防护林健康指数分布图

Fig.6 Different altitude shelterbelt health index distribution

5 讨论

(1)防护林健康评价指标体系的适用性。基于林分水平进行指标筛选,指标主要侧重于林分水平表征防护林的内部结构特征的指标,这就决定了构建的防护林健康评价指标体系是针对小尺度水平的研究,因此这套健康评价指标体系比较适用于乡、镇、县级小尺度的防护林健康评价研究。但是,将该套防护林健康评价指标体系应用于三峡库区内其它地区防护林健康评价时,应当考量健康评价指标优劣等级阈值的适用性。

(2)本研究参考国家标准、行业标准、归纳库区内防护林相关研究成果以及国内防护林的相关文献,进行防护林健康评价指标优劣等级划分,在一定程度上降低了采用专家打分获取指标量化带来的主观性,以及采用均值化处理、中心化处理、极值处理等方法^[31]进行指标量化时因样本不足带来的误差。

(3)由于研究资料、数据的不足和研究手段的限制,在防护林健康评价指标数据获取上存在一定的缺陷。生产力指标通过生物量进行计算,而生物量采用了三峡库区不同林分类型的生物量模型,对于秭归县的适用性有待考证;保持水土指标因缺少土壤侵蚀模数不能直接获取,采用了土壤侵蚀程度指标进行代替,间接反映防护林保持水土的能力;林分功能指标由于数据资料的缺少和指标的难以量化,未考虑防护林的营养物质积累、净化大气环境等方面的生态服务功能,这是需要今后进一步研究探讨的问题。

(4)通过对秭归县防护林健康评价,发现了秭归县防护林经营出现的问题,建议及时采取封山育林、人工补植、营造混交林、抚育间伐、制止乱砍乱伐等调控措施,以期迅速改善秭归县防护林健康状况。

(5)秭归县防护林健康评价研究只是考虑对现状的评价,缺少长期的监测和评价,无法判断防护林健康的发展方向。未来的防护林健康经营是多功能可持续的经营体系,这需要研究者进行定期评价,以便及时调整经营方案,从而实现防护林的可持续发展。

参考文献 (References):

- [1] 寇韬,李春燕,宫照红,赵垦田.水源涵养林研究现状综述.防护林科技,2009,(5):59-62.
- [2] 鲍玉海,贺秀斌,杨吉华,孙成楠,李红云,宗萍萍.三种网格的农田防护林防止土壤风蚀的效应研究.水土保持学报,2007,21(2):5-8.
- [3] Zhou X H, Brandle J R, Mize C W, Takle E S. Three-dimensional aerodynamic structure of a tree shelterbelt: definition, characterization and working models. Agroforestry Systems, 2005, 63(2): 133-147.
- [4] 马静娜.防护林生态效益评价研究综述.防护林科技,2012,(1):79-82.
- [5] 朱教君,姜凤岐.四大因素造成我国防护林衰退.中国减灾,2006,(11):42-42.
- [6] 宋立宁,朱教君,闫巧玲.防护林衰退研究进展.生态学杂志,2009,28(9):1684-1690.
- [7] 闫东锋,耿建伟,杨喜田,朱滢,王向阳.宝天曼自然保护区森林生态系统健康评价.西北林学院学报,2011,26(2):69-74.
- [8] 张彪,李文华,谢高地,肖玉.北京市森林生态系统的水源涵养功能.生态学报,2008,28(11):5619-5624.
- [9] 曾锋,薛立,彭耀强,王汉忠,尹旭.珠江三角洲公益林生态效益的价值分析.中南林业科技大学学报,2011,31(6):102-106.
- [10] 鲁少波,杨晓菲,鲁绍伟,张立刚,张晓光,王晓燕,鲁哲.河北省小五台山森林生态系统健康评价研究.林业资源管理,2011,(1):106-110.
- [11] 郑巍伟,李自勤.三峡库区秭归县森林与土壤侵蚀的相关性研究.西部林业科学,2006,35(3):62-66.
- [12] 王珠娜,王晓光,史玉虎,潘磊,余雪标,唐章国.三峡库区秭归县退耕还林工程水土保持效益研究.中国水土保持科学,2007,5(1):68-72.
- [13] 田耀武,黄志霖,肖文发.基于 AnnAGNPS 模型的三峡库区秭归县生态服务价值.中国环境科学,2011,31(12):2071-2075.
- [14] 王鹏程,邢乐杰,肖文发,黄志霖,潘磊,曾立雄.三峡库区森林生态系统有机碳密度及碳储量.生态学报,2009,29(1):97-107.
- [15] 曾立雄,王鹏程,肖文发,万睿,黄志霖,潘磊.三峡库区植被生物量和生产力的估算及分布格局.生态学报,2008,28(8):3808-3816.
- [16] 森林土壤水分-物理性质的测定. LY/T 1215-1999 中华人民共和国林业行业标准.北京:中国林业出版社,1999.
- [17] 森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算. LY/T 1237-1999 中华人民共和国林业行业标准.北京:中国林业出版社,1999.
- [18] 于金涛,肖文发,王鹏程,雷静品.防护林健康评价研究进展.世界林业研究,2013,26(1):31-36.
- [19] 曾立雄.三峡库区不同植被类型生物量与生产力研究[D].武汉:华中农业大学,2007.
- [20] 高成德,余新晓.水源涵养林研究综述.北京林业大学学报,2000,22(5):78-82.

- [21] 土壤侵蚀分类分级标准. SL190-96. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.
- [22] 张永利, 杨锋伟, 王兵, 郭浩, 鲁绍伟, 魏文俊, 胡文, 陈列. 中国森林生态系统服务功能研究. 北京: 科学出版社, 2010: 24-28.
- [23] 彭祚登, 张峰, 安永兴, 王小平, 陈峻崎, 任云卯. 复合结构功能指标法在人工林健康评价中的应用. 南京林学院学报, 2010, 30(3): 28-33.
- [24] 蔡秀珠. 人为干扰强度对马尾松人工林生物量及其分配的影响. 中南林学院学报, 2006, 26(2): 51-54.
- [25] 罗德光. 不同强度人为干扰对马尾松林分结构及物种多样性的影响. 福建林业科技, 2005, 32(4): 90-94.
- [26] 鲁绍伟, 余新晓, 刘凤芹, 张振明, 赵广亮, 姚永刚. 北京八达岭林场森林燃烧性及防火措施研究. 北京林业大学学报, 2006, 28(3): 109-114.
- [27] 森林可持续状况评价导则. LY/T 1958-2011 中华人民共和国林业行业标准. 北京: 中国林业出版社, 2011.
- [28] 蒋卫国, 李京, 李加洪, 谢志仁, 王文杰. 辽河三角洲湿地生态系统健康评价. 生态学报, 2005, 25(3): 409-414.
- [29] 谷建才, 陆贵巧, 白顺江, 吴斌, 余新晓, 武会欣. 森林健康评价指标及应用研究. 河北农业大学学报, 2006, 29(2): 68-71.
- [30] 鲁绍伟, 刘凤芹, 余新晓, 樊金栓, 张振明, 陈峻崎, 赵广亮. 北京市八达岭林场森林生态系统健康性评价. 水土保持学报, 2006, 20(3): 79-82.
- [31] 王春枝. 综合评价指标筛选及预处理的方法研究. 统计教育, 2007, (3): 15-17.