

基于模糊综合评判法的油茶林健康评价

刘君昂, 刘红娟, 潘华平

(中南林业科技大学 林学院, 湖南 长沙 410004)

摘 要: 针对油茶林健康无法准确定量评价的现状, 尝试将模糊综合评判法应用于油茶林的健康评价中, 通过查阅文献和专家咨询, 建立一套由目标层、准则层、指标层和要素层组成的油茶林健康评价指标体系, 应用 Delphi-AHP 法确定指标权重, 引入模糊综合评判法评价湖南省浏阳市土桥林场油茶林健康状况。结果表明: 土桥林场油茶林健康模糊综合评价值为 3.324 8, 最大隶属度为 0.515 1, 提示土桥林场油茶林总体处于亚健康状态, 并有从亚健康状态向不健康状态方向发展的趋势, 需要立即采取健康管理措施, 保证油茶林的健康可持续经营。

关 键 词: 油茶林; 健康评价; 模糊综合评判

中图分类号: S718.55+7 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)01-0095-05

Health assessment of *Camellia oleifera* lam based on fuzzy comprehensive judgement

LIU Jun-ang, LIU Hong-juan, PAN Hua-ping

(Forestry College, Central South Forestry University of Science and Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: At present, the health condition of *Camellia oleifera* lam can not be evaluated accurately and quantitatively, therefore the author attempts to apply the fuzzy comprehensive judgement to the health assessment of the *Camellia oleifera* lam. A set of health assessment indicator system of *Camellia oleifera* lam was established, which is made up of target-layer, criterion-layer, index-layer and element-layer by looking up some literature and expert advice, applying the Delphi-AHP method to determine the index weight, introducing the fuzzy comprehensive judgement to assess the health condition of *Camellia oleifera* lam in Tuqiao Forest, Liuyang city, Hunan province. The results show that its fuzzy comprehensive assessing value is 3.324 8 in the *Camellia oleifera* lam of Tuqiao Forest, the largest membership degree is 0.515 1. These indicate that *Camellia oleifera* lam in Tuqiao Forest is under sub-health condition. So it is essential to take some healthy measures immediately to ensure the healthy condition of *Camellia oleifera* lam and prevent the trend from the sub-health condition to unhealthy one.

Key words: *Camellia oleifera* lam; health assessment; fuzzy comprehensive judgement

“森林健康”是西方国家针对人工林林分结构单一、病虫害抵抗力差、水土保持功能薄弱等问题提出的理念^[1-2]。从综合途径考虑的森林健康是指森林生态系统能够维持其多样性和稳定性, 同时又能持续满足人类对森林的自然、社会和经济需求的一种状态, 是实现人与自然和谐相处的必要途径^[3]。经

过几十年的研究, 森林健康的理论和实践方面均取得了长足发展。森林健康评价是定期对区域内森林经营状况的评估, 建立在区域森林健康评价指标体系的基础上, 用于监测和诊断一定区域内森林生长状况及其生态、经济、社会效益的发挥情况^[4-5], 而森林健康评价作为森林健康研究的重要环节, 是森林

收稿日期: 2009-11-12

基金项目: 国家林业局重点项目(2007-07); 中南林业科技大学研究生科技创新项目(2007SX16)

作者简介: 刘君昂(1963—), 男, 湖北钟祥人, 博士, 教授, 主要从事森林健康经营技术研究, kjc9620@163.com

健康经营管理的基础,对于其研究也日渐深入,目前国内国外已取得不少森林健康评价的研究成果^[6-10]。由于森林健康的特征和属性是不断变化的,因此森林健康评价要通过多方面综合衡量来测定森林健康状况,评估健康水平。

油茶(*Camellia oleifera*)作为中国重要的木本油料树种,具有良好的经济效益、生态效益、社会效益^[11]。目前对油茶林地的管理主要采取粗放的经营措施,长时间的经营导致油茶林生态系统有退化现象,为解决这一问题,近年来一些学者对油茶林地土壤养分状况、土壤酶活性、油茶林分结构等方面进行了研究。笔者拟运用模糊数学的相关理论,对人为胁迫下油茶林生态系统的健康状况进行评价,以期指导油茶林生态系统健康修复与维护。

1 研究区域概况

土桥林场位于湖南省浏阳市镇头镇,地理坐标为28°00.121N, 113°17.919E,海拔300 m以下。这里水热充足,生长期长;平均气温18.2℃,年平均无霜期为274~288 d,积温5 457℃,年平均日照时数1 758 h。年均降水量1 419.8 mm,降水主要集中在春夏两季。多雨期与高温期一致,对农业生产十分有利。林场总面积1 554.4 hm²,油茶占地面积790.7 hm²,占林地总面积的50.86%,新造林面积(计划面积)33.5 hm²,垦复面积134 hm²,高接换冠面积0.335 hm²,计划增加高接换冠4.02 hm²。

林场人工油茶林已种植40年,油茶主要品种为大红袍,林分密度1 200株/hm²,郁闭度0.8,在林分中随机选取30 m×30 m的标准样地,平均树高3.1 m,平均冠幅2.9 m(均实测9株求平均值),黄壤,土层平均厚度90 cm,海拔100 m,西南坡,坡度为35°,主要地被物为铁芒萁,盖度达20%。主要的营林措施有垦复、挖竹节沟、修枝、施肥。

2 研究方法

2.1 调查

样地调查项目有地理坐标、样地号、样地面积、地形(海拔、坡向、坡度、坡位)、树种、树龄、生

长状况、经营方式等。林分因子主要调查林分起源、油茶品种、林龄、郁闭度;土壤调查主要包括土壤结构与理化性质。病虫害调查包括踏查和标准地调查,并根据发病率与病情指数确定试验地发病等级。

2.2 土壤理化性质的测定

土壤理化性质均采用常规分析^[12]。①自然含水量:烘干法;②容重:环刀法;③pH值:水浸和中性盐浸提,酸度计法;④有机质:重铬酸钾法;⑤全氮、全磷分别用高氯酸消煮后,凯式定氮法和铝锑抗比色法;⑥全钾用氢氧化钠碱熔-火焰光度计法;⑦速效钾用醋酸铵浸提火焰光度计法。

2.3 油茶林健康评价方法

利用模糊综合评判法^[13]。

2.3.1 评价指标的选取与指标权重的确定

首先采取频度分析法,从国内外研究文献中,对各项指标进行统计分析,选择使用频度较高的指标,同时,结合中国油茶林的特有属性、主要问题以及不同区域的社会、经济、气候条件等,进行分析、比较,综合选择针对性较强的指标。在此基础上,进一步征询有关专家的意见,对指标进行调整,最终得到油茶林健康评价指标体系^[14]。对国内多位林学和生态学专家发放调查问卷,请专家打分,采用Delphi-AHP法^[15-16]计算了指标的权重,结果如表1所示。

2.3.2 指标基准的确定和评价等级的划分

确定指标的基准值是将实际指标转化为评价指标的关键,必须结合当地实际,以有利于保证森林健康和可持续发展方向的值确定为基准值。主要采用①自身标准确定法,如年平均气温、年降水量和日照时数等,通过对指标本身应达到的目标值进行比较,最终确定指标的基准值;②行业考核标准确定法,即把行业的指标要求作为基准值,如病虫害发生程度等指标;③相对标准确定法,如单位面积产鲜果量和单位面积产油量等指标;④实地考察与主观评判确定法,这类指标往往都是定性指标,如树体形态、保水保土价值和景观美学价值等。

表 1 油茶林健康评价指标及权重

Table 1 The health assessment index weights of *Camellia oleifera* lam

目标层	准则层	权重	指标层	权重	要素层	权重		
油茶林健康评价	自然环境指标	0.234 4	气候指标	0.137 3	年平均气温	0.402 8		
					年降水量	0.288 6		
					日照时数	0.308 6		
			土壤指标	0.557 0	土壤容重	0.060 5		
					土壤含水量	0.056 6		
					土层厚度	0.048 4		
					土壤pH值	0.086 3		
					土壤有机质含量	0.286 6		
					土壤全氮含量	0.115 3		
					土壤全磷含量	0.123 2		
					土壤全钾含量	0.115 3		
					速效钾含量	0.107 8		
					抵抗力指标	0.305 7	病虫害发生程度	0.832 0
							其他灾害发生程度	0.168 0
					结构功能指标	0.128 6	林分组织结构	0.802 2
	林分密度	0.355 8						
	树体形态	0.332 8						
	生态功能指标	0.197 8	保水保土价值	0.768 5				
			景观美学价值	0.231 5				
			社会经济指标	0.637 0			经济指标	0.802 2
	单位面积产油量	0.448 4						
投入产出比	0.321 3							
社会管理指标	0.197 8	社会管理指标	0.197 8	营林措施	0.832 0			
				社会重视程度	0.168 0			

在深入研究国内外相关文献对森林健康及森林健康评价标准的基础上，将油茶林健康评价标准分为 5 个等级，即病态、不健康、亚健康、健康、很健康，并对每个等级的生态学含义作出描述。为了更好地说明最终计算结果，方便判别油茶林的健康状态，对 5 个等级进行了赋值(表 2)。

表 2 油茶林健康标准等级划分及生态学含义

Table 2 *Camellia oleifera* lam and ecological health standards grading meaning

等级	赋值	生态学含义
非常健康	1	经济效益非常好，组织结构非常完整，功能稳定性好
健康	2	经济效益较好，组织结构完整、合理，功能稳定较好
亚健康	3	经济效益一般，组织结构基本完整，功能协调性基本稳定
不健康	4	经济效益很低，组织结构不完整，合理性较差，功能协调性和稳定性差
病态	5	经济效益极低，组织结构残缺且不合理，功能不协调而且不稳定

2.3.3 土桥林场油茶林健康的模糊综合评判

(1) 指标原始数据的收集。定量指标可以直接进行数学运算，而定性指标本身没有具体数值，必

须采用恰当的方法对它们进行定量化转换，才能满足无量纲化及综合评价的要求。定量化转换方法是根据指标实际值、基准值和变化趋势进行判断，采用 5 级评分制，分为好、较好、中、较差、差 5 级，得分分别为 1、2、3、4、5 分。病虫害及其他灾害发生程度按照无、轻微、中等、严重、很严重，分别赋值 1、2、3、4、5；树体形态、保土保水价值、景观美学价值和营林措施按很好、好、一般、差、很差，分别赋值 5、4、3、2、1；社会重视程度按很重视、重视、一般、不重视、极不重视，分别赋值 5、4、3、2、1。

通过对各种数据进行计算处理，最终得到土桥林场油茶林健康评价指标的原始数据(表 3)。

(2) 计算各因子的隶属度。采用升半梯形隶属函数和降半梯形隶属函数^[17]，降半梯形隶属函数适用数值越大，表明油茶林健康状况越差的负效应指标；升半梯形隶属函数适用于数值越大，表明油茶林越健康的正效应指标。

表3 土桥林场油茶林健康评价标准与试验地原始数据

Table 3 The health assessment standard of *Camellia oleifera* lam in Tugiao Forest and the original data of experimental field

要素层指标	等级					实际值
	I	II	III	IV	V	
年平均气温/°C	21	18	15	12	9	18.2
年降水量/mm	2 200	1 800	1 500	1 000	500	1 419.8
日照时数/h	2 000	1 500	1 000	5 00	250	1 758
土壤容重/(g·cm ⁻³)	1.00	1.25	1.35	1.45	1.55	1.03
土壤含水量/%	50	40	30	20	10	21.78
土层厚度/cm	120	100	80	60	40	90
土壤pH值	6.5	5.5	4.0	3.0	2.0	5.4
土壤有机质/(g·kg ⁻¹)	40	30	20	10	6	9.09
全氮/(g·kg ⁻¹)	3	2	1	0.5	0	0.65
全磷/(g·kg ⁻¹)	2.5	1.5	1	0.5	0	0.43
全钾/(g·kg ⁻¹)	40	30	20	10	1	11.2
速效钾/(g·kg ⁻¹)	170	125	70	30	1	62.8
病虫害发生程度	1	2	3	4	5	3
其他灾害发生程度	1	2	3	4	5	2
林龄/年	10	20	40	60	80	38
林分密度/(株·hm ⁻²)	900	1 050	1 200	1 350	1 500	1 200
树体形态	5	4	3	2	1	3
保水保土价值	5	4	3	2	1	4
景观美学价值	5	4	3	2	1	2
单位面积产鲜果量/(kg·hm ⁻²)	900	6 750	4 500	2 250	750	4 080
单位面积产油量/(kg·hm ⁻²)	1 125	900	675	450	150	615
投入产出比	8	6	4	2	1	1.87
营林措施	5	4	3	2	1	3
社会重视程度	5	4	3	2	1	4

将评价标准分为5个等级，利用隶属函数计算公式^[18]，对土桥林场油茶林健康评价指标层的隶属度进行计算，结果如表4所示。

3 土桥林场油茶林健康评价的模糊评判结果

(1) 指标层指标的模糊综合评判。以气候状况指标计算为例，由表1和表4可知气候状况指标隶属度及权重。

根据模糊综合评判法计算原理，可算得气候状况因子对I、II、III、IV、V级的评判结果分别为： $\xi I = 0.1874$ ； $\xi II = 0.5240$ ； $\xi III = 0.2424$ ； $\xi IV = 0.0462$ ； $\xi V = 0$ 。

同理计算可得，土壤指标、抵抗力指标、林分组织结构指标、生态功能指标、经济指标、社会管理指标对I、II、III、IV、V级的评判结果，如表5所示。

(2) 准则层指标的模糊综合评判。根据指标层指标的模糊综合评判的结果，按照模糊综合评判计算原理，可算得自然环境指标、结构功能指标、社会经济指标对I、II、III、IV、V级的评判结果，如表6所示。

表4 土桥林场油茶林健康评价要素层指标隶属度
Table 4 The health assessment element about layer indicators degree of membership in the *Camellia oleifera* lam of Tugiao Forest in Hunan province

要素层指标	隶属度				
	I	II	III	IV	V
年平均气温/°C	0.070	0.930	0	0	0
年降水量/mm	0	0	0.840	0.16	0
日照时数/h	0.516	0.484	0	0	0
土壤容重/(g·cm ⁻³)	0.880	0.120	0	0	0
土壤含水量/%	0	0.178	0.822	0	0
土层厚度/cm	0	0.5	0.50	0	0
土壤pH值	0	0.93	0.07	0	0
土壤有机质/(g·kg ⁻¹)	0	0	0	0.77	0.23
全氮/(g·kg ⁻¹)	0	0	0.30	0.70	0
全磷/(g·kg ⁻¹)	0	0	0	0.86	0.14
全钾/(g·kg ⁻¹)	0	0	0.12	0.88	0
速效钾/(g·kg ⁻¹)	0	0	0.82	0.18	0
病虫害发生程度	0	0	0	1	0
其他灾害发生程度	0	0	1	0	0
林龄/年	0	0.1	0.9	0	0
林分密度/(株·hm ⁻²)	0	0	1	0	0
树体形态	0	0	1	0	0
保水保土价值	0	1	0	0	0
景观美学价值	0	0	0	1	0
单位面积产鲜果量/(kg·hm ⁻²)	0	0	0.81	0.19	0
单位面积产油量/(kg·hm ⁻²)	0	0	0.73	0.27	0
投入产出比	0	0	0	0.87	0.13
营林措施	0	0	1	0	0
社会重视程度	0	1	0	0	0

表 5 指标层指标的模糊综合评判结果

Table 5 The results of fuzzy comprehensive evaluation about index-layer indicators

	I	II	III	IV	V
气候指标	0.187 4	0.524 0	0.242 4	0.046 2	0
土壤指标	0.053 2	0.121 8	0.213 6	0.528 2	0.083 2
抵抗力指标	0	0	0.168 0	0.832 0	0
林分组织结构	0	0.031 1	0.968 9	0	0
生态功能指标	0	0.768 5	0	0.231 5	0
经济指标	0	0	0.513 9	0.444 3	0.041 8
社会管理指标	0	0.168 0	0.832 0	0	0

表 6 准则层指标的模糊综合评判结果

Table 6 The results of fuzzy comprehensive evaluation about criterion-layer indicators

	I	II	III	IV	V
自然环境指标	0.055 4	0.139 8	0.203 6	0.554 9	0.046 3
结构功能指标	0	0.177 0	0.777 2	0.045 8	0
社会经济指标	0	0.033 2	0.576 8	0.356 5	0.033 5

(3) 目标层指标的模糊综合评判。根据准则层指标的模糊综合评判结果，按照模糊综合评判计算原理进行计算，算得目标层对 I、II、III、IV、V 级的评判结果分别为： $\xi I=0.013 0$ ； $\xi II=0.076 7$ ； $\xi III=0.515 1$ ； $\xi IV=0.363 0$ ； $\xi V=0.032 2$ 。

为了直观地反映模糊综合评判的结果，对目标层的评判结果进行赋值运算。

$$B = (0.013 0, 0.076 7, 0.515 1, 0.363 0, 0.032 2) \square (1, 2, 3, 4, 5) = 3.324 8.$$

3.3.4 评价结果分析

根据模糊综合评判法隶属度最大的原则，土桥林场的最大隶属度是 $\xi III=0.515 1$ ，表明该林场油茶林处于亚健康状态，但最大隶属度原则较容易忽略油茶林生态系统健康的发展态势，评价结果不理想。根据模糊综合评判法计算，得到湖南省土桥林场油茶林健康的评价结果为 3.324 8，表明目前该油茶林总体健康状况介于 III 和 IV 级之间，但稍偏向于 III 级，呈现从亚健康状态向不健康状态方向发展的态势，如不立即通过健康管理措施进行补救，土桥林场油茶林有可能发展成不健康状况，这为土桥林场目前健康状况提出了预警信号，有利于管理者对油茶林的健康状况随时进行监控和调整。

参考文献:

- [1] 王彦辉, 肖文发, 张星耀. 森林健康监测与评价的国内外现状和发展趋势[J]. 林业科学, 2007, 43(7): 78-85.
- [2] 周早弘. 油料林森林健康评价指标体系的研究[J]. 湖南农业科学, 2009(2): 114-117.
- [3] 章伶俐, 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, 2(1): 54-59.
- [4] 余树全, 姜春前, 周国模, 等. 雷竹林生态系统健康的研究[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(5): 15-19.
- [5] 周立江. 森林健康内涵及评价指标探讨[J]. 四川林业科技, 2008, 29(1): 27-30.
- [6] O'Laughlin J. Forest ecosystem health assessment issues: Definition, measurement, and management implications[J]. EcosystemHealth, 1996, 2(1): 19-39.
- [7] Ferretti M. Forest health assessment and monitoring issues for consideration[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 1997, 48(1): 45-72.
- [8] 陈高, 代力民, 姬兰柱, 等. 森林生态系统健康评估 I. 模式、计算方法和指标体系[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1743-1749.
- [9] 甘敬, 朱建刚, 张国祯, 等. 基于 BP 神经网络确立森林健康快速评价指标[J]. 林业科学, 2007, 43(12): 1-7.
- [10] 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): 79-82.
- [11] 刘幼丽. 我国油茶文献研究分析[J]. 农业图书情报学刊, 2007(4): 166-169.
- [12] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [13] 胡宝清. 模糊理论基础[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004: 25-460.
- [14] 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.
- [15] 赵焕巨. 层次分析法[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 1-43.
- [16] 张丽, 林联盛, 刘木生, 等. AHP法在江西脆弱生态环境评价指标体系中的应用[J]. 江西科学, 2009, 27(2): 240-246.
- [17] 袁嘉祖, 冯晋臣. 模糊数学及其在林业中的应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1988: 3-160.
- [18] 华翔, 刘福, 苏曼迪, 战时计量保障能力的模糊综合评判[J]. 测试技术学报, 2009, 23(2): 112-116.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 胡东平