

森林生态系统健康研究进展*

邢韶华 姬文元 郭宁 崔国发**

(北京林业大学自然保护区学院, 北京 100083)

摘要 从生态系统健康的概念出发,明确了森林生态系统健康的实质。我国对森林生态系统健康的研究主要在森林生态系统和森林群落 2 个水平上。森林生态系统水平的健康评价指标包括群落结构、生物多样性等结构指标,涵养水源和水土保持等功能指标,以及社会经济方面的指标,指标庞杂,有些指标难以测度。而森林群落水平的健康评价指标主要以结构指标为主,指标相对简单。因此,建立系统、有效且统一的评价指标体系和科学合理的健康标准是未来开展森林生态系统健康评价的重点,而简洁的指标测度方法和量化的测度结果也将是森林生态系统健康评价的趋势。

关键词 森林;生态系统;群落;生态系统健康;生态系统健康评价

中图分类号 S718.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2009)10-2102-05

Forest ecosystem health: Its research progress. XING Shao-hua, JI Wen-yuan, GUO Ning, CUI Guo-fa (College of Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China). *Chinese Journal of Ecology* 2009 28(10) 2102-2106.

Abstract: Based on the concept of ecosystem health, this paper discussed the essence of forest ecosystem health. In China, the studies on forest ecosystem health are mainly focused on ecosystem- or community level. On ecosystem level, the indices for forest health assessment include structural (e. g., community structure and biodiversity), functional (e. g., water resources conservation and soil and water conservation), and socio-economic. They are quite complicated, and some of them are difficult to measure. On community level, the indices are mainly of structural, which are relatively simple. Therefore, to build a systemic, effective and unified assessment index system and a scientific and rational health standard is the basis for the further development of forest ecosystem health assessment, and to establish simpler methods for index measurement and to quantify the measurement results will be the development trend for this assessment.

Key words: forest; ecosystem; community; ecosystem health; ecosystem health assessment.

森林生态系统健康理论是 20 世纪末出现的,指导森林资源经营管理和森林有害生物防治的一种全新的理论。关于森林生态系统健康的研究已成为当前林学领域研究的热点。维持森林生态系统健康是今后森林经营发展的方向,也是森林病虫害、森林火灾治理和控制的根本途径。但由于森林类型不同,经营管理的目的不同以及地域文化的差别,对森林生态系统健康概念的理解,森林生态系统健康评价的指标与方法也各不相同。

近年来,我国对森林生态系统健康的研究也越

来越多,在借鉴吸收国外研究成果的同时,一些有关森林生态系统健康的新名词、新提法也相继涌现,这也使得我国该领域的研究更显复杂、混乱。给出森林生态系统健康概念与内涵的正确理解,梳理当前评价森林生态系统健康的指标体系,指出评价指标体系与评价方法方面存在的问题与不足,为森林生产经营部门在评价森林生态系统健康时提供借鉴与指导是本文的主要目的。

1 森林生态系统健康内涵

1.1 生态系统健康的内涵

“生态系统健康”概念可以追溯到 20 世纪 40 年代。Leopold(1941)提出了“土地健康”的概念,认

* 国家“十一五”科技支撑计划专题资助项目(2006BAD03A0406)。

** 通讯作者 E-mail: fa6716@263.net

收稿日期:2009-03-30 接受日期:2009-07-02

为土地健康是指被人类利用而未使其功能受到破坏的状况。他把“测定那些在人类利用之后仍无功能障碍的土地生态参数”作为土地健康研究的重点。Rapport 等(1979)提出了“生态系统医学”的概念,把医学和生态系统健康的结合了起来。

Schaeffer 等(1988)首次探讨了有关生态系统健康度的问题,但未明确定义生态系统健康。Rapport 和 Whitford(1989)首次提出生态系统健康的内涵,认为生态系统健康是指一个生态系统所具有的稳定性 and 可持续性,即在时间上具有维持其组织结构、自我调节和对胁迫的恢复能力。

Costanza(1992)从生态系统自身出发定义了生态系统健康,他认为生态系统健康是“没有受压症状,是稳定的、持续性的和活力的,并能在一段时间内保持其组织和自我管理,对压力具有恢复力”;它应该由“活力(vigor)”、“组织(organization)”和“恢复力(resilience)”三个方面构成。他还提出生态系统健康公式 $HI = V \cdot O \cdot R$ (HI 为健康指数,式中, V 为系统活力指数, O 为系统组织指数, R 为系统恢复力指数);并使用权重因素去比较和综合系统中的不同组分。该定义和公式为生态系统健康评估提供了可行性框架。

1.2 森林生态系统健康的内涵

森林生态系统健康是由“生态系统健康”衍生而来的,通过林学家、生态学家在林业领域的借鉴使用和发展,产生了森林生态系统健康概念。森林生态系统健康越来越多地被森林资源管理者们所接受和使用,并将森林生态系统健康作为森林状况评估和森林资源管理的标准和目标。

最早的森林生态系统健康概念是描述森林受人为因素(如酸雨、大气污染、砍伐等)干扰而造成的相应变化,如落叶、脱色、叶子卷曲、森林死亡现象,以及森林火灾和病虫害的威胁等(陈高等 2002)。

1992年,美国国会通过了“森林生态系统健康和恢复法”,林业署组织专家对美国东、西部的森林、湿地等进行了评估,并于1993年后出版了一系列的评估报告和专著。在这些报告和专著中,逐步形成了一个对森林生态系统健康的共识。O'Laughlin等(1994a, 1994b)提出森林生态系统健康是一种状态,是森林生态系统向人类提供服务并维持自身复杂性的一种状态。鉴于现在还不能获得详细的关于森林生态系统过程和速率的数量化信息,森林生态系统健康还必须考虑森林生态过程的

类型以及森林的生产力。

Kolb 等(1994)提出一个健康的森林生态系统应有下述特征(1)物理环境、生物资源能支持森林生产的营养网(2)对灾害变化的恢复或在景观水平上的灾害变化中恢复的能力(3)植被必需的资源,如水、养分、光、生长空间等,在供求中功能性的平衡(4)演替阶段的多样性及对乡土物种提供生境的林分结构和所有的生态系统过程。

陈高(2002)认为关于森林生态系统健康的概念、认识和争论基本上来自3种途径,也就是认识森林生态系统健康问题的3种出发点。一种是功利主义观的面向目标途径;一种是生态系统观的面向生态系统途径;最后一种是平衡二者的综合考虑。辨识这些途径的具体表述对认识森林系统健康的内涵有重要意义。

现今,虽然森林生态系统健康未形成一个统一的概念(任海和彭少麟,2001;肖风劲等,2004),但一般认为,健康的森林是生物因素和非生物因素如火灾、空气污染、营林措施、木材采伐等对森林的影响不会威胁到现在或将来森林资源经营管理的目标。这里的森林资源管理的目标不仅指商业产品,还包括森林的多种用途,如森林游憩、野生动物保护、和水源涵养等。但是健康的森林并非就一定没有病虫害、没有枯立木、没有濒死木,而是其保持在一个较低的水平上存在,这对于维护健康森林中的食物链和生物多样性、保持森林结构的稳定是有益的(赵良平 2007)。

总之,健康的森林生态系统不仅内部具有良好的自我调节能力,而且对于外界环境的变化可以进行相应的自我调整,以保持一种稳定的、可持续的状态。根据各经营单位目的的不同,评价的重点不同。例如,以经济效益为目的的经营单位,森林生态系统健康评价应以经济方面指标为主;而以保护环境为目的的经营单位,评价指标应以生态环境方面指标为主。

2 我国的森林生态系统健康评价

我国早期在森林生态系统健康方面的研究基本处于简单分析阶段,最近几年才有一些实例的研究。在森林生态系统健康评价指标体系方面的研究,主要是从自然资源、森林生态和社会经济等方面选取一些指标,构建指标体系。由于研究地点、研究方法和研究目的的不同,国内研究者提出的森林生态系

统健康评价指标体系之间存在着一定的差异。

森林生态系统健康评价是将功能完好与病态的森林生态系统区分开并对森林状况进行分析,从而诊断产生病态的原因,制定恢复生态系统的方法。目前国内的森林生态系统健康评价研究也主要基于此,根据不同的评价尺度开展工作的。

2.1 生态系统水平的森林生态系统健康评价

森林生态系统水平的森林生态系统健康评价指标主要有生物多样性、涵养水源量、营养元素循环、土壤动物种数等。此类指标的评价对象尺度一般较大,数据不易获得,有些需要进行长期的监测。森林生态系统水平的评价指标可以分为两类:I类是生态指标,主要从森林自身出发,以森林生态为核心选择指标。II类是综合指标,包括森林生态、社会、经济方面的指标。

以I类指标开展评价的有袁兴中等(2001)和孔红梅(2002)。袁兴中等(2001)从生态系统健康概念构架的角度出发,根据生态系统健康评价的目的和指标筛选的原则,把生态系统健康指标体系分为生物物理指标、生态学指标和社会经济指标。其中陆地生态系统的生态学指标包括有动植物区系组成、生物多样性、种群大小和分布、群落结构、脆弱性和动态、特定功能性质、生物生产力和生物多样性下降、本地物种和外地物种、生态系统更新和再生过程的损害、调节功能下降、生境退化和(或)丧失。此指标体系体现出动态性,但操作性较差。

孔红梅(2002)选用了对森林生态系统健康程度影响较大的一些指示指标,如乔木、灌木、草本、土壤动物等方面特征构成评估指标体系,共有21个指标。该指标体系中土壤动物因素的比例过大,且指标不易获得。孔红梅(2002)用指示物种(指示植物和指示土壤动物)、生态系统功能指标及自然指标体系等,对人为干扰状况不同的森林生态系统进行了健康评价。

以II类指标开展评价的有陈高(2004)、肖风劲(2004)、王亚玲(2005)等。其中陈高(2004)提出用健康距离法(HD法)来衡量森林的健康状况,构建了一套十分庞大的指标体系,指标分为自然、经济、社会3个方面。自然方面指标包括组织、活力和弹性3种健康成分,分别从结构和生物多样性、物质流和能量流及生态系统自身对格局和过程的维持力几个角度出发进行评估;经济方面包括价值产出和经济投入两个方面;社会方面包括人类健康状况、社会

化水平和社会环境。具体指标选择根据是否对地区的目标生态系统造成影响而进行。同时,陈高(2004)还将构成指数引入森林生态系统健康评价中,首次提出综合构成指数模型,并以原始林作为健康基准,定量评估了各受损生态系统的健康现状及恢复趋势。

肖风劲等(2004)提出了由呼吸速率、光合速率和NPP(植被净初级生产力)、植被类型、植被结构、生物多样性、林龄结构、死亡率、郁闭度、地理位置、土壤组分、大气组分、年均降水量、总辐射、有效辐射、火灾、气象灾害、病虫灾害和污染灾害共19个指标构成的森林生态系统健康评估指标体系。该指标体系主要注重生态学指标和环境背景指标,多数指标数据难以一次得到。作者选取了NPP、生物多样性指数和抗病虫害能力3个指标进行测量方法的阐述,未进行实践验证。

王亚玲(2005)针对潭江流域提出了包括自然资源背景、森林生态系统和社会经济3个方面,共17个指标组成的森林生态系统健康评估指标体系,并利用层次分析法和模糊数学法对研究地进行了评价。该指标体系重点考虑了自然资源背景和社会经济情况,涉及范围大,指标类型多,但自然资源背景指标中的气温和降雨量等指标与森林生态系统健康的关系不好界定,容易使评估结果与实际情况产生较大的误差。

由此可见,生态系统水平的森林生态系统健康评价主要从大尺度进行研究,不仅需要考虑自然环境方面和森林生态系统方面,还要考虑社会、经济方面,评价单位为林场(林业局)或流域。指标不仅包括结构方面的,还包括功能方面的,有些指标数据不易获得,需要长期的监测数据,有些指标是描述性的,需要进行人为量化。

2.2 群落水平的森林生态系统健康评价

群落水平的森林生态系统健康评价指标主要有植物多样性、生物量、蓄积量、群落层次结构、林分郁闭度、灌木层盖度等。此类指标的评价对象尺度一般也较小,数据可以通过设置样地获得,操作性较强,不过由于研究对象和研究目的的不同,区域之间的群落水平的健康评价指标体系又不完全相同。

李金良和郑小贤(2004)、鲁绍伟等(2006)均采用“复合结构功能指标评价法”,提出了包括物种多样性、群落层次结构、林分郁闭度、灌木层盖度、枯落物层厚度、年龄结构、草本盖度、林分蓄积量和病虫

害危害程度 9 个指标因子的评价体系。该指标体系以群落结构指标为主,生产力指标、抗干扰能力指标较少,很难全面反映森林生态系统健康的真实状况,不过研究者还是通过评价指标分值法进行了评价。

李静锐等(2007)从森林生态系统的结构和功能的角度出发,选用复合结构功能指标评价方法,选取了生长状况、有机质含量、地类、土层厚度、灌木丰富度、草本丰富度共 6 个指标建立了北京八达岭林区森林健康评价指标体系,并通过指数法对北京八达岭林场试验示范区进行了森林健康评价。该指标体系更多地从自然资源条件方面选取指标,没有考虑抗干扰能力指标和外界环境指标,指标涵盖面较小。

姬文元等(2009)以森林小班为评价单元,利用森林小班卡构建了一套结构由目标层、准则层和指标层组成的森林群落健康评价指标体系。其中,准则层包括群落结构完整性、林分稳定性、林分生长状况三个方面,指标层包括郁闭度、下木总盖度、地被物总盖度、幼树中建群种数量比例、更新等级、幼树幼苗生长情况、单位面积活立木蓄积量、建群种的平均胸径、建群种的平均树高共 9 个指标。并通过指数法对四川米亚罗林区 301 林场的云冷杉林群落健康状况进行了评价。该指标体系主要利用森林二类调查数据,对森林二类调查有一定的依赖性,需要进行长期监测。

从上面的分析可以看出,对于森林群落水平,重点考虑森林资源方面,且指标的选择基于群丛,适用尺度主要为小班或样地。指标主要包括结构方面,易于获得,易于量化。

总之,由于研究对象的不同或研究目的的不同,所构建的森林生态系统健康评价指标体系的尺度也不同。在评价一个森林生态系统健康状况时,虽然不可能把与森林生态系统健康有关的指标面面俱到地列入指标体系中,但应针对不同的森林生态系统的特点,同时注意结合森林生态系统的社会和经济因素,选择最有效、最关键且能对森林生态系统健康状况有直接影响的指标。总体而言,目前我国还未建立一套适用于全国范围的森林生态系统健康评价指标体系。我国的森林资源非常丰富,类型多样,尽快建立健全森林生态系统健康评价指标体系是我们开展森林资源可持续经营的首要任务,以便森林资源充分地发挥生态、社会 and 经济效益。

3 我国森林生态系统健康研究趋势展望

森林生态系统健康评价需要充分有效的数据信息作为基础,数据来源直接影响评价结果的可靠程度。因此,针对森林生态系统健康评价的特点开展长期连续观测十分必要。

我国的森林生态系统健康监测体系,一方面可以通过森林资源二类调查及遥感影像提供的数据,确定我国森林生态系统健康方面存在的主要问题;另一方面可以通过野外样地调查,获得林分状况。通过对林分状况的测定了解森林基本生存状况,有利于及时判断和掌握森林生态系统健康的状况,有效地监测森林并采取有针对性的措施和经营手段,避免森林的不健康发展。

我国尚未形成一个系统的森林生态系统健康评价体系,难以对现有森林健康状况进行相关分析和预测工作,建立景观水平、生态系统水平和群落水平的森林生态系统健康评价体系迫在眉睫。

科学合理的健康标准能准确地反映出森林生态系统的实际情况,不同经营目的、不同类型的森林生态系统其健康的标准应该不同。比如用材林、商品林经营目的是为了提供高产、优质的林产品,其生态系统健康的标准是应该保证森林生态系统的稳定性、保持森林的长期生产力;防护林、公益林经营的主要目的是实现森林的生态功能,其生态系统健康的标准是应该保证生态系统稳定地维持生态环境功能的发挥。因此,对某个具体生态系统健康状况进行评价时,应采取合适的标准。

从国内一些学者的研究实例可以看出,评价所选用的指标,有些是定性的,有些是定量的,这对开展实践应用造成了一些困难。同时,在确定指标的权重和基准值的时候大多采用了主观经验去确定,也有少数人采用了层次分析法,这样的权重确定主观性较强。在今后的研究中,应该制定一种客观的、简洁的指标测度方法,用定量的测度结果,尽可能地降低主观因素的影响。

参考文献

- 陈高,代力民,范竹华,等. 2002. 森林生态系统健康及其评估监测. 应用生态学报, 13(5): 605-610.
- 陈高,代力民,姬兰柱,等. 2004. 森林生态系统健康评估. I. 模式、计算方法和指标体系. 应用生态学报, 15(10): 1743-1749.
- 姬文元,邢韶华,郭宁,等. 2009. 川西米亚罗林区云冷

- 杉林健康状况评价. 林业科学, **45**(3):13-18.
- 孔红梅. 2002. 森林生态系统健康理论与评价指标体系研究(博士学位论文). 北京:中国科学院生态环境研究中心.
- 李金良, 郑小贤. 2004. 北京地区水源涵养林健康评价指标体系的探讨. 林业资源管理, (1):31-34.
- 李静锐, 李振明, 罗凯. 2007. 森林生态系统健康评价指标体系的建立. 水土保持研究, **14**(3):173-179.
- 鲁绍伟, 刘凤芹, 余新晓, 等. 2006. 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, **20**(3):79-83.
- 任海, 彭少麟. 2001. 恢复生态学导论. 北京:科学出版社.
- 王亚玲. 2005. 潭江流域森林生态系统健康评价(硕士学位论文). 广州:中山大学.
- 肖风劲, 欧阳华, 孙江华, 等. 2004. 森林生态系统健康评价指标与方法. 林业资源管理, (1):27-30.
- 袁兴中, 刘红, 陆健健. 2001. 生态系统健康评价——概念构架与指标选择. 应用生态学报, **12**(4):627-629.
- 赵良平. 2007. 森林生态系统健康理论的形成与实践. 南京林业大学学报(自然科学版), **31**(3):1-7.
- Costanza R. 1992. Toward An Operational Definition of Ecosystem Health// Ecosystem Health: New Goals for Environment Management. Washington: Island Press.
- Kolb TE, Wagner MR, Covington WW. 1994. Concepts of formation health—utilitarian and ecosystem perspectives. *Journal of Forestry*, **6**:10-15.
- Leopold A. 1941. Wilderness as a land laboratory. *Living Wilderness*, **6**:3.
- O'Laughlin J, Livingston RL, Their R, et al. 1994a. Defining and measuring forest health. *Journal of Sustainable Forestry*, **2**:65-85.
- O'Laughlin J, Sampson RN, Adams DL, et al. 1994b. Assess in forest health conditions in Idaho with forest inventory data. *Journal of Sustainable Forestry*, **2**:221-247.
- Rapport DJ, Bohm G, Buckingham D, et al. 1999. Ecosystem health: The concept, the ISEH, and the important tasks ahead. *Ecosystem Health*, **5**:82-90.
- Rapport DJ, Thorpe C, Regier HA. 1979. Ecosystem medicine. *Bulletin of the Ecological Society of America*, **60**:180-182.
- Rapport DJ, Whitford WG. 1989. How ecosystem respond to stress: Common properties of arid and aquatic system. *Bio-science*, **49**:193-203.
- Schaeffer DJ, Henricks EE, Kerster HW. 1988. Ecosystem health: Measuring ecosystem health. *Environmental Management*, **12**:445-455.

作者简介 邢韶华,男,讲师。主要从事自然保护区建设与管理、植物多样性保护与利用研究。发表论文17余篇。
E-mail: steelboy78@163.com。
责任编辑 王伟
