

# 国内外关于防护林体系效益研究动态综述

周心澄 高国雄 张龙生

(西北林学院 陕西杨陵 712100)

**摘 要** 根据国内外发表的文献,对森林生态效益定量研究方法固沙林生态效益研究进展,包括固沙植物的光能利用率、防风固沙效益、小气候效益、改良土壤效益、及其对沙地植被的影响等研究动态进行了分析及评价。

**关键词** 防护林体系 生态效益 经济效益 动态

## Summary on the Domestic and Foreign Dynamic Research of Protection Forest System Benefit

Zhou Xincheng Gao Guoxiong Zhang Longsheng

(Northwestern Forestry College, Yangling Shaanxi 712100)

**Abstract** Based on the domestic and foreign literatures, the quantitative study method of forest ecological benefit and the research advances of sand-fixed forest ecological benefit, including light energy efficiency of sand-fixed vegetation, protection wind and fixed sand benefits, small climatic benefit, improving soil benefit, and influence of these on vegetation of sand land etc., were analysed and evaluated in this paper.

**Key words** protection forest system ecological benefit economic benefit dynamics

森林,生物生态系统的初级生产者,它不仅是人类赖以生存的物质和能量基础,而且具有调节气候、保持水土、防风固沙、涵养水源、美化环境等多种生态功能,也是人类赖以生存的环境基础之一。森林的生态功能已越来越多地被人们所重视。姜圣阶、曲格平(原国家环保局局长)教授认为:“保护森林资源是环境发展战略的根本措施,因为在‘人(社会)—环境’这个系统中,只有保护森林才能保护生态系统的兴旺发达,才能保护维持动植物物种的多样性……”,从系统分析的观点看,可以说,保护与发展森林资源是环境保护,生态发展的核心<sup>[1]</sup>。因此,对森林的生态效益进行正确的、科学的评价,并以生态效益为依据,反馈指导对森林的经营管理和促进本学科的技术进步,是需要解决的问题。目前,人们虽然对森林的生态效益作了大量的调查研究,也取得了不少第一手资料,但在效益的评价方法和标准问题上仍存在分歧,特别是把效益的研究和生产实践紧密联系的仍比较少,一系列的问题尚需要对其进行深入的探讨。

国内外许多学者对森林生态效益进行了研究,如对效益评价的目的、理论依据、方法等作了

不少的探讨,并由此对一些森林的生态效益进行了评价。至于防风固沙林是否属于森林的范畴。对此,有两种不同的观点。以关君蔚为代表的诸先生认为:持相反意见的观点是,沙地灌木属于灌丛植被,不应列入森林范畴,而传统的《森林学》也未列入这部分内容。但是,由乔、灌、草结合构成的防风固沙林人工植被是有森林特征的,它是以树木和其他木本植物为主体的一种生物群落,具有森林的一系列改善环境的功能,是被公认的实际情况。在人工林中,以防御自然灾害为目的的森林统称防护林,一般包括防风固沙林、水土保持林、农田防护林、固岸护滩林、水源涵养林等。大量的关于防护林的研究成果对防风固沙林效益的研究具有直接的指导意义。

## 1 森林生态效益研究概况

关于森林生态效益的研究,经历了对森林生态功能的感性认识,到后来的定性描述,直至目前定量研究的过程。森林生态效益的定量研究始于本世纪初。最先评价的是森林的水利和人文效益。随后逐步扩大到农田防护效益,卫生保健效益和环境保护效益。60年代初,对森林综合效益分类和评价进行了初步尝试,到70年代,森林综合效益测定技术和替换方法有了突破,使这项研究在世界范围内取得较大的进展<sup>[3,4]</sup>。森林生态效益的定量研究代表了效益研究的方向和实践之需要。

### 1.1 森林生态效益的定义、研究的目的、意义

许多人对森林生态效益研究以及定量评价的目的、意义和内容等做了探讨<sup>[5,6]</sup>。张建国同志认为,森林的社会公益价值,是由其所在地位表现出来的社会公益成效(生态效益)来衡量的,以其他生产部门或事业受影响而产生的产量的价值变化和环境保护成果表现出来,用相关代替的方法来间接计算<sup>[7]</sup>。中国林业科学院李周等认为,森林效益货币计量是人们对森林效能影响社会经济发展程度的经济评价,是森林社会作用的货币表现形式。这里的货币是森林不同社会作用通约的同度量因素,既不是森林的价值,也不是森林的价格<sup>[8]</sup>。

人们进行森林社会效益计量研究,不是为了确定森林中凝结了多少社会必要劳动时间,即经济学意义上的价值量,而是为了反映森林所产生的社会作用,以及为制定林业发展战略目标,进行林业区划和林种布局等提供数据资料<sup>[9]</sup>。森林效益货币计量的意义,首先它是正确地、全面地反映森林的社会作用的基础工作;其次它是林业区划的基础工作;再次它是大农业布局最优化的基础工作。森林效益货币计量的原则是等效益替代原则、区域效益原则、时间效益原则和系统分析原则<sup>[9]</sup>。日本学者冈和夫认为,用定量的方法评价森林效能的社会作用,能够使林业经营者从利用森林多种效益的观点出发,制定多目标的最佳森林经营法,核定合理经营森林的费用,拟定森林地域分布最优方案,并且为社会确定有关部门应分担的营林费用标准提供数据<sup>[10]</sup>。宋宗水同志认为,进行森林社会效益计量研究主要有两个作用。一是准确评价森林诸效能的经济效益;二是根据森林各种效能在特定时空和社会经济环境条件下的作用,拟定林业生产规模、布局和林种、林分质量结构皆优化的森林经营方案,形成森林效能组合和利用皆优化的森林环境,在两个作用中,森林社会效益计量研究的侧重点显然应该放在后面<sup>[11]</sup>。森林构成独立的生态系统,为人类生存提供了良好的环境和物质条件,人类正是依靠森林生态系统的供养和庇护才得以生存和繁衍,森林为人类提供物质资料而产生的效益即为其经济效益,森林具有稳定和改善环境的功能,由此而产生的效果,应为其生态效益。从这个意义上讲,凡森林(天然林和人工林)具有环境改善功能,并由此而产生了效果,就有生态效益,当然这种效益不是凝结社会必需劳动时间的经济学意义上的价值量,而是反映森林社会作用的一种同度量因素。森林生态效益研究的目的在于为

社会提供一种公认森林生态作用的尺度,从而为林业生产和环境保护提供思想上和经济上的保证;同时,它又是林业生产规划、布局、林种、林分质量结构等经营方案理论依据。

## 1.2 森林生态效益定量研究方法

森林生态效益的定量研究是效益研究的深入,目前,这方面的研究已呈现蓬勃发展的趋势,成果逐日增多。这些研究根据其主要理论依据,大概可分为两类,即以经济学为主要理论依据的计量研究和以生态学为主要理论依据的定量评价。

1.2.1 以经济学为主要理论依据的计量研究 森林生态效益的经济计量是对效益价值量的估算和评价,计量的理论依据亦有不同观点,一种是,森林生态效益的经济评价方法要建立在马克思主义政治经济学原理之上。具体地说,马克思主义的劳动价值论、级差地租理论和节约理论,是研究森林公益效能计量方法和计量模型的理论基础<sup>[12]</sup>。另一种意见认为,在利用多种资源或生产成果的过程中,对资源和生产成果进行全面的评价,是极为重要的环节。评价的理论基础应该是社会主义经济中的最佳效能理论<sup>[8]</sup>。再一种观点认为,森林公益效能大小决定于供求关系。即森林公益效能大小同森林多寡密切相关,森林面积小,虽然公益效能增加了,但单位面积的公益效能却变小了。基于此,森林公益效能计量研究应该以边际效用理论作为理论基础<sup>[13]</sup>。关于森林生态效益经济计量的方法,国内外有多种多样。国外的计量方法,按所依据的标准来分,可为两类,一类是效果评价方法;另一类是消耗评价方法。效果评价方法是依据森林生态效能的利用效果,如在森林生态效能的影响下农作物产量的提高,农业劳动生产率的提高,水费的节省及损失的减少等,来对森林生态效能作出评价的。苏联自50年代末期以来,采用了一系列效果评价法,对森林的某几种生态效能,如水源涵养和水文调节效能,山地防护林的防护效能,铁路防护林的防护效能等分别作出过经济评价<sup>[14,15,16,17]</sup>。森林公益效能的消耗评价方法是评价利用、保持和加强森林公益效能的直接和间接消耗<sup>[17]</sup>。主要有四种方法:(1)商品价值法;(2)代替价值法;(3)费用价值法;(4)还原价值法,这种方法被许多学者认为是消耗评价法中最合理的,从森林再生产费用的估计标准来看,这种方法可分为成本法和产值法。成本法按计入成本的不同分为直接成本法、平均成本法、间接成本法和可比成本法。产值法按计入成本和利润的方法不同也分为静态法和动态法,以计算的范围可分为宏观法和微观法<sup>[18]</sup>。日本从70年代开始,对森林的公益效能进行计量研究和评价。主要用代替价值的方法,如在以森林土壤非毛管孔隙的基础上,求得森林涵养水源的数值,用水库代替森林而产生的水的价格来评价森林的涵养水源效能;用水库代替森林抑止泥沙流失所需的堰堤修筑费为森林防止泥沙流失效能等<sup>[19,56]</sup>。我国森林生态效益的经济计量研究在借鉴国外经验的基础上,根据本国实际情况,也提出了一些计量方法。以中国社会科学院邓宏海为代表的一部分生态经济学家,用马克思主义级差地租理论,建立了一个森林生态经济系统效益评价的指标体系,提出了三种对森林生态效能进行经济评价的方法:直接计量法、间接计量法和生态经济计量法。这些方法不仅能用来对森林资源作出全面的经济评价,而且能实现森林生态经济系统效益评价的系统化<sup>[20]</sup>。陈太山等用防护林投资年平均效果系数为主要指标;以防护林投资年平均防护效果系数、林业劳动生产率、林地生产率、防护林成本为辅助指标;以影响防护林经济效果的有关重要因素为分析指标,对防护林的经济效果进行了定量评价<sup>[21]</sup>。也有人采用效果评价法,选择等效益物,对森林涵养水源、保持水土、改良土壤等效能进行了定量评价。如用化肥价值代替土壤改良效益,用水库的修筑费代替森林涵养水源的效能等<sup>[22]</sup>。以经济学为主要理论依据的生态效益计量研究,大都通过对受益对象的调查进行<sup>[57,58,59,60]</sup>,而对效益产生的机制——林木本身的情况(林分质量、林种、林分结构、布局等)研究不多,这样就不可能对林业生

产起很好的指导作用;关于森林生态效益的价值量及其确定方法问题仍分歧很大;许多人对用相关代替法来计量森林的生态效益也有不同意见,如认为:林地蓄水与水库蓄水在用途上是不同的,不能用后者代替前者等<sup>[7]</sup>。

1.2.2 以生态学为主要理论依据的生态效益定量评价 讲生态效益,就是要注意保持生态系统的平衡<sup>[23]</sup>,从生态经济系统的观点出发,以提高系统的整体功能和效益为目的。不但要研究森林生态效益,而且要探讨其产生效益的机制,从而为指导林业生产、实践提供依据。许多人以生态学理论为主要依据,对生态效益的指标体系和定量评价方法进行了探讨。中国科学院农村发展研究所何乃维、贾克平同志提出了大农业经济系列指标和生态系列指标。其中生态系列指标如下:(1)植物光能利用率,(2)植物总生产力,(3)农业有机废物多次利用的利用率,(4)草场载畜量指数,(5)捕捞强度,(6)土壤肥力,(7)绿肥面积占耕地面积百分率,(8)单位面积有机肥用量,(9)水土保持状况,(10)土壤沙化治理状况,(11)盐碱地治理状况,(12)主要污染物总排出物质量,(13)有毒物质分别占单位土壤、空气及水体的含量同国家规定标准的比较情况,(14)农村环境污染治理状况,(15)自然灾害抗御能力,(16)沼气普及率,(17)可更新无污染能源利用率,(18)废弃土地复垦利用率,(19)森林覆被率,(20)全员发病率,(21)人均公园、绿地面积,(22)人口自然增长率,(23)农业劳动力工日损失率,(24)人体热量满足程度。将以上各指标定量化,并换算为10分值,得出生态系列指标分值<sup>[24,61,62]</sup>。生态效益指标体系的确定是定量研究生态效益的基础,许多人对这方面做了研究<sup>[25,26,27]</sup>,北京林业大学朱金兆等提出了水土保持生态效益评价指标体系<sup>[6]</sup>。这些研究的结果,大都是以一些合适的数学方法确定一个定量数值——生态效益指数或综合指数等,从而实现生态效益评价的定量化。武汉城建学院全宏东提出了用模糊数学的方法,对系统的效益进行综合评价<sup>[28]</sup>。华东师范大学周玉丽用层次分析法对一个地区的生态经济进行评判<sup>[29]</sup>。黑龙江省林业区划办高勇禄用数量化理论的方法,研究该省经度、纬度、海拔、森林覆被率四项因子与气候、水文因子变化的关系,进而定量评价森林的防护效能<sup>[30]</sup>等。所有以上研究对灌木固沙林生态效益的研究具有很好的借鉴和指导作用。

## 2 固沙林生态效益研究进展

防风固沙林生态系统是由防风固沙林及其沙地环境构成的,以防御风沙危害为主要功能的特殊生态系统。许多学者对系统建立后,其生物与环境的相互作用,以及系统的生态功能、效益等做了研究,取得了不少成就。

### 2.1 固沙植物的光能利用率

固沙植物由于沙地恶劣的环境条件的制约,其光能利用和光合作用速率很低。净光合速率一般  $\text{CO}_2$  只有  $5\sim 10\text{kg/kg}\cdot\text{h}$ ,这种低光合速率和高光呼吸的特征,是其长期适应干旱环境的结果<sup>[31]</sup>。影响固沙植物光合速率的主要因子是水分,由于水分的短缺,导致植物的气孔关闭, $\text{CO}_2$  供应减少,同时还影响与光合有关的生化过程和光呼吸过程<sup>[32]</sup>,从而影响净光合速率。也有人对固沙植物种的光能利用率和生物量进行了研究,如内蒙林学院白晓昭,根据以上研究,选择了固沙——薪炭林树种,伊盟为沙柳、柠条,巴盟为梭梭<sup>[33]</sup>。目前,这方面的研究并不多见。

### 2.2 固沙林的防风固沙效益

防风固沙林的建立,增加了地面粗糙度,减小了风速,从而减小了风沙流的挟沙量,降低了输沙率,达到防风固沙的目的。许多人对固沙林的防风固沙效益进行了观测,得出了类同的结论<sup>[34,35,36]</sup>。如据测定,陕西省靖边县柳桂湾林场营造的固沙林,平均降低风速 19%,年  $17\text{m/s}$  以

上大风的次数减少73%,沙暴次数减少40%,扬沙次数减少10%。在固沙林营造前,沙丘年平均移动4m,每年有60亩良田和106间房屋被流沙埋没,损失1458.6元,每年毁种2100亩,损失1165.85元。造林后,大部分流沙基本固定,不仅减少沙压农田和房屋,而且23年内还恢复耕地2407亩,肯定了防风固沙林的作用<sup>[21]</sup>。固沙林还能减小土壤风蚀,当气流含沙量较大时,如遇到植物群体就会产生积沙现象<sup>[37]</sup>,因此,通过植物的滤沙作用,气流含沙量减小,另外据测定,当两者作用于同一质地的地表,挟沙气流的吹蚀力为不挟沙气流的5倍<sup>[38]</sup>,这样,由于固沙体的降风和滤沙作用,减小了气流对土壤的侵蚀。

### 2.3 固沙林的小气候效益

防风固沙林建立后,会对局部的气象因子发生影响。内蒙古林科院杨文斌在甘肃临泽的测定结果,造林后,7月中旬林内近地层气温有所降低,但没有超过1℃;而地面温度逐年降低,12龄林内地面平均温度比对照约低3℃。春秋季节,林内气温比对照约高0.5~3.0℃;林中空气相对湿度明显增大,3龄林日平均相对湿度提高1.0%~2.0%;6龄林提高3.0%~4.5%;8~12龄林内蒸发力比对照减少43%~60%<sup>[39]</sup>。辽宁固沙研究所焦树仁等在章古台观测的结果是,30年营造的固沙林使林间空地和林缘附近的风速降低68.5%,空气湿度增加3.3%~13.1%,水面蒸发降低60.4%,气温年变幅降低4.5℃,日变幅降低10.8℃和3.1℃,一年中0~32cm地温变幅降低2.8℃<sup>[40]</sup>。许多人对固沙林的小气候效益进行了研究,得出了固沙林降低风速,提高空气湿度,缓和空气温度和地温的结论<sup>[35,36,41,42]</sup>。

### 2.4 固沙林生态系统的水分平衡

水分因子是沙生植被生长的主导限制因子,也是荒漠生态系统特色的决定性因素。沙漠生态系统的水分平衡,固沙林建立后的水分动态以及沙生植物对水分短缺的适应性等,是沙漠学家和干旱区研究者关注的焦点。普遍认为,由于干沙层的覆盖,使沙丘的水分得以有效的保护,在干旱的环境中,沙丘是一个贮水体,它对干旱区植物是一个相当湿润的环境<sup>[43]</sup>。

由于毛细管作用而使高水位地下水上升导致了沙丘的潮湿,而且由于沙粒持水的负基质电位比细质地颗粒低得多,使水层水分易被植物利用<sup>[43]</sup>。固沙林的建立,在沙丘从流动变为固定的过程中,水分条件逐渐变坏<sup>[44]</sup>,即沙层水分含量随着植被盖度的增加而减少<sup>[35]</sup>。因此,沙层水分对植被有一个承载能力,不同水分状况的沙丘,应有不同密度的植物相适应<sup>[45,46,54,55]</sup>。沙生植物通过自身生理特性的变化,加强吸水,减小蒸腾,以适应干旱生境。由于植物生理生态特性的不同,其抗旱能力亦有差别,如在沙坡头地区,10种固沙植物抗旱性以柠条最强,胡枝子最弱,其它介于两者之间<sup>[47,68]</sup>。类似研究对固沙植物种的选择很有意义。

### 2.5 固沙林改良土壤效益

沙地土壤是一种成土过程很微弱,营养贫瘠的土壤,如其主要营养元素氮的含量远远低于一般植物生长所必需的含量<sup>[43]</sup>。固沙林的建立,加强了沙地土壤成土过程,使土壤肥力有所提高<sup>[35,40,49]</sup>。辽宁章古台营造的固沙林,使沙地土壤表层的粘粒含量和有机质有所提高,物理粘粒增加2.0%~2.7%(A1)和2.0%~40%(Ac),有机质提高了6.5~20.9倍(A1)和1.4~5.6倍(Ac),其它营养成分亦有相应提高,土壤腐殖质组成性质改善,C/N比值提高,容重降低,孔隙度增加,土壤微生物含量也明显增加<sup>[40]</sup>。许多沙漠土壤微生物丰富,固氮菌和硝化菌在荒漠土壤中往往占优势<sup>[48]</sup>。在沙丘上,根际与有益微生物相结合的植物其生物量占有优势<sup>[43,67]</sup>,而且对土壤的改良作用强,如在甘肃临泽研究表明,豆科灌木对土壤的改良作用最优<sup>[35,53]</sup>。

## 2.6 固沙林对沙地植被的影响

沙地植被是一个比较脆弱的生物生态系统,植被的稳定性和动态过程均易受干扰,假若沙源不断或气候条件不允许植被发展到足以使大面积流沙固定下来,那么沙地植被的演替不可能达到顶极群落<sup>[43,63,64,65]</sup>。人工固沙植被的建立,减小或控制了沙面的流动性,改善了生态环境,使沙地植被向种类繁多,结构复杂且稳定,功能齐全的良好方向发展<sup>[35,52]</sup>,并促进了沙地植被的演替。对沙坡头地区的植被演替的研究和预测结果表明,再过 20 年,地面固定较好的地段人工栽植的灌木及半灌木都将相继从人工植被区退出<sup>[50]</sup>。油蒿能在疏松的沙地上顺利地天然更新,并以其发达的浅层根系对水分的竞争能力,在群落中占居优势地位,因此,在人畜对地表的长期扰动下,油蒿在沙坡头地区可以形成一种相对稳定的群落或偏途演替顶极<sup>[51,66]</sup>。沙地植被动态以及人工林影响下的植被演替的研究对固沙林的营造、经营和管理具有重要的和直接的指导意义,但这方面的研究目前仍很少见。

综上所述,森林生态效益的研究无论在理论上和应用方面都取得了较大的进展,为人们正确地认识和估价森林的生态作用,从而推动林业的发展和自然植物资源的合理开发利用起到了指导作用。但这方面也存在以下问题和需要改进的方面。一是人们多热衷于生态效益的经济研究,而反过来用以指导林业生产等方面的生态学研究好象被忽视了。因为大多数生态效益的经济计量是通过对森林受益对象的调查研究而得到的,对生态效益产生的机制——林木本身的特性(林分布局、树种结构、林分质量等)缺乏研究,就不可能对林业生产给予很好的指导作用。因此,只有以生态学研究为基础,生态—经济相结合,才能达到正确估价森林生态效益并对林业生产给予指导的生态效益研究目的。二是以防护性生态功能为主要目的的防风固沙林生态效益的研究,目前仍处于对其个别效益指标作一测定和估计的零散的,不系统的研究阶段,没有一个比较完善的效益评价指标体系,从而也没有对其生态效益做综合的、定量的评价。对生态效益产生的机制和以生态效益为依据对固沙树种做综合评价,从而指导林业生产方面的研究实为少见。

注:由于版面所限,中外文参考文献 68 篇略。