

林火生态的研究与应用*

舒立福 田晓瑞 马林涛

(中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 100091, 北京; 第一作者 33 岁, 男, 副研究员)

摘要 火生态是生态学的一个分支。地球上许多森林生态系统的维持需要一定的火干扰。回顾了林火生态的发展历史, 把它划分为 3 个阶段: (1) 1900~1960 年, 研究初期; (2) 1961~1985 年, 认识转变阶段; (3) 1985 年以后, 火生态学分支学科形成阶段。还阐述了火生态的概念和研究内容, 分别介绍了火对植物、土壤、水文、野生动物和生态系统的影响。在林火生态学的应用与实践方面, 对计划火烧的应用与作用也作了论述, 对火生态的未来作了展望。

关键词 林火生态; 火历史; 应用火生态; 计划火烧

分类号 S762

森林火灾曾给人类带来极其惨重的损失, 这种损失既有直接的生命财产损失, 也有由于森林生态系统受破坏, 环境条件恶化造成的间接损失。因此, 近几十年来, 从事生态学的学者, 就林火对生境的影响, 动植物对林火的适应等多方面进行了大量研究工作^[1,2]。特别是 80 年代中期以后林火生态研究的发展, 使林火生态学已初步确立为一个独立的分支学科。以往多数生态学者把火作为一个单纯的生态因子, 现在把火因子立足于整个生态系统考虑, 以火生态为题目的专著也在生态学界引起极大关注。

1 火生态学的发展过程

从德国生物学家 Ernst Haeckel 在 1866 年首次提出了“生态学”的概念至今, 生态学已有 100 多年的历史。人们对火的认识由来已久, 但作为生态学的一个分支, 实际形成火生态的思想并不长, 直到本世纪初, 才把火作为一个生态因子来考虑。火生态学研究历史可划分如下 3 个阶段: (1) 1900~1960 年, 研究初期, 研究得少且分散; (2) 1961~1985 年, 认识转变阶段, 大量研究; (3) 1985 年以后, 火生态学分支学科形成阶段, 进行系统的火生态研究。

1900 年前后, 有关火对森林影响的调查报告开始出现。1917 年, 美国耶鲁大学林学院在 Uraniata 林区设置样地, 研究火烧对森林的影响, 1943 年 Grren^[1]综述了火烧对美国东南部林区的植被的影响, 并第一次使用了火烧演替, 火偏途顶级等概念, 同时讨论了北美东南部各植被类型无火演替时的情况。1947 年, Daubenmire 第一次将火作为生态因子进行了讨论, 并且将火作为七大环境因子之一。1959 年, Cooper^[2]讨论了火生态学, 并使用了“火生态学”概念。这一阶段是火生态发展的初始阶段。

到 60 年代, 生态学家开始用积极的观点来看待林火, 火作为一种生态因子越来越受到人们的重视, 并认识到森林植物群落中完全没有火干扰可能是有害的, 地球上许多森林生态系统

* 本文为国家“九五”攻关专题“南方和西南林区森林火灾及防御技术研究”部分内容。
1998-09-10 收稿。

的维持与火因子有关。

1962年3月,美国的Tallaahassee高大林木研究站召开了第一次火生态学研讨会,以后每年召开一次交流会议,对研究的问题作学术交流,并出版研究会刊。1972年,在美国召开了“环境中的火”研讨会议,并出版论文集《Fire in Environment Symposium》一书^[3]。1974年,Kozolowski^[4]等人出版了《Fire and Ecosystem》一书。1975年,Gill综述了火烧对澳大利亚植被的影响,并给出了火生态学理论框架,认为火状况是由火烧频次、火烧季节、火烧强度等要素组成^[1]。1980年,Wright等编著的《Fire Ecology》出版,标志着火生态学的形成。1973~1974年,美国的IBP组织设立北方针叶林生态研究机构。1984年,在美国召开了“火对野生动物生态环境影响”学术研讨会,并出版了《Fire s Effects on Wildlife Habitat》论文集。

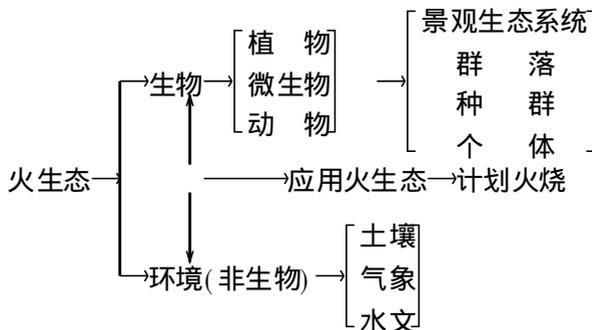
1983年由美国、澳大利亚、英国、法国和加拿大五国生态学家合作出版《Fire in Forestry》^[5],内容涉及到火对森林生态影响的各个领域。火烧对生态系统的影响研究较广泛,涉及水文、土壤、植被和小气候等。由于各地气候条件有差异,森林火烧特点也不同,所以结果也有差别。郑焕能^[6]研究了火在森林生态系统中的影响,认为火作为一个生态因子,经常作用于森林生态系统,并能增强或削弱森林生态系统的自我调节能力,有些种群是靠火来维持和调节的。

从80年代中期以来,学科的交叉和渗透已成为科学研究的一个主要趋势,从事防火研究的人吸收生态学理论,研究火在生态系统对生物、人类、社会的影响,并发表了大量学术论文,从而推动了火生态学理论和方法日臻完善和丰富。

2 火生态学的概念和内容

火生态学是一门交叉学科,是研究火(包括人为火和天然火)与自然生态系统(主要是森林、灌丛和草原)相互关系的学科,火生态学既是一门交叉学科,又是生态学的一个分支,其研究内容涉及生态学各个领域和水平。在生物方面,火生态学的研究内容侧重于火对生物(动植物、微生物)个体、种群、群落及生态系统的影响;在环境方面,主要研究火对土壤、光、温度、水、气等自然环境的影响。

火生态学的内容包括生物和非生物因子,其内容可用图表达如下:



火与植被、地貌、天气条件密切相关,火是这些复杂关系中的一个重要环节,它对环境、动物、植物和整个生态系统产生影响,这方面的研究不能脱离生态学的基本原理和研究方法。目前各国做了大量工作,总结出一些火与不同系统,在不同时间和空间之间的相互关系,并上升到理论^[7]。

2.1 对植物的影响

森林火灾是随时随地可能发生的,火烧会直接烧掉森林植物,它对植物的影响还体现在火后植物无性繁殖能力增加,火促进开花、种子释放和种子萌发。

经常遭受火烧的植物也会对火形成一定的适应性,如美国加利福尼亚的灌丛是重火灾区,这一地区的植被类型对火适应能力较强,火后以种子或萌芽的形式迅速更新。在北美洲,北方针叶林中的火能烧毁地上的植被,使林分重新开始群落演替。一般来讲,火烧可以增加喜光植物和固氮植物的数量^[8,9]。

2.2 对土壤的影响

高强度的火烧会增加土壤的侵蚀,而低强度的火对土壤侵蚀的影响很小,甚至没有。一些研究系统地论述了火烧对林地土壤性质和无机离子的影响。例如在美国的亚利桑那州,森林或灌丛被高强度火烧后,在10 cm以下土层内,火烧后K、Ca、Mg和P的含量有所增加。在坡度为5°~30°时,土壤的侵蚀量达到72~272 t·hm⁻²;当坡度大于30°时,土壤的侵蚀量达795 t·hm⁻²^[10]。

不少研究表明,严重火烧或反复发生林火的迹地,由于林地裸露和雨水冲击,导致土壤表面板结,降低孔隙度和渗透率。王金锡^[11]等在西昌云南松林下测定,火烧后土壤pH值较火烧前明显增大。

2.3 对水文的影响

火烧对水文的影响包括火后造成的水土流失和水质的变化,火后地表径流明显高于未火烧地,并改变夏季径流的分配,还常伴有短时的洪水侵蚀。在美国蒙大拿州测定结果是火烧后地表径流比正常林地高8倍,火后第1年径流量最大,以后逐年递减^[12]。

蔡体久等^[13]采用单独流域实验法,对1987年大兴安岭“5.6”特大森林火灾后河川径流的变化进行了研究。结果表明:火灾后,河川年径流量明显增加,5月份融雪径流量有减少的趋势。火灾后,森林对水分循环的调控能力减弱,径流的变化更依赖于降水。

2.4 对野生动物影响

火烧改变了野生动物的栖息环境,从而影响野生动物种类及种群数量分布。火对野生动物的直接影响主要表现在烧伤和致死2个方面。在森林火灾中,大多数野生动物可以利用各自的逃逸方法逃避火烧。

火烧后,食肉动物数量减少,食草动物增加,在灌木林中,森林火灾后数年马鹿(*Cervus elaphus* Linnaeus)的数量明显增加,要比烧前个体数量增加40%。这是因为,鹿的食物丰富,在火烧后草本植物很快恢复,杨树(*Populus* spp.)、柳树(*Salix* spp.)和其它硬阔叶树种嫩叶增加,而且植物的营养增加^[14]。

2.5 对生态系统影响

一些生态学家将有些生态系统看作“火演替”,并将一些群落视为火“亚顶级”。这种观点是将火作为一种能够阻止群落向着气候顶级演替的限定因子。高频度的火烧可以维持林地上的草原和沼泽,低频度的火可维持潜在沼泽^[15]。

我国北方针叶生态系统中火也是一个非常重要的生态因子。陈大珂^[16]在研究红松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)林遭受频繁火灾长时期破坏后进行次生演替时,提出了干旱系列、中生系列和潮湿系列的森林变化。周以良^[17]在《中国大兴安岭植被》中讨论了火对森林群落演替

的影响, 高强度火灾引起兴安落叶松(*Larix gmelinii* Rupr) 林向白桦(*Betula platyphylla* Suk) 林逆行演替, 低强度火灾又引起白桦林向兴安落叶松林的进展演替。

3 应用火生态

用火实践在我国开展得较为普遍, 在古代就有南方的“炼山”, 北方的“烧荒”等。古罗马人利用火把森林改为农田, 直到上世纪末, 这种方法还被使用在中北欧的许多地方。70年代以来, 世界林业发达的几个国家已普遍开始将计划火烧(Prescribed burning)作为一种营林措施, 如美国、加拿大、澳大利亚等每年的计划火烧面积都在100万 hm^2 以上。同时, 以火攻火作为防灭火措施也被广泛应用。在澳大利亚, 火被用来处理废材, 或将本地树种更换为外来树种以改变森林的组成, 以及促进本地桉树(*Eucalyptus* spp.)的更新^[18]。在森林中可以使用火来维持树种的稳定性, 在无火烧的情况下, 每公顷林地上可以积累多达25t的可燃物。火烧还能改进野生动物的栖息环境, 提高草场的产量和牧草质量, 改进林地景观、防治病虫害和促进林木的生长^[19, 20]。如在墨西哥Jicarilla Apache自然保护区应用计划火烧进行野生动物的管理, 收到良好的效果, 1991年对2387.6 hm^2 适于马鹿栖息的森林进行低强度火烧, 第2年火烧区马鹿数量比对照区明显增加。

在火生态理论指导下进行防火和用火, 是火生态学的实践部分。基于火生态学的理论, 把火作为一个生态因子来研究, 防止它失去控制烧毁森林、破坏系统平衡不利的方面, 适当应用可促进树种更新和维护森林群落或生态系统平衡的有利作用, 就有了应用火生态——计划火烧。计划火烧就是在一定气候、可燃物温度、土壤湿度条件下, 巧妙地用火烧除天然可燃物, 并把火限制在规定的地面, 在一定的时间内产生合适的热量强度和蔓延速度, 为防火、育林、野生动物管理、放牧和减少病虫害等一个或几个目标, 获得一定的预期效果而进行的火烧。除林地计划烧除外, 火烧清理采伐迹地, 炼山造林, 在森林铁路、公路两旁及林缘开设防火线, 荒山和牧场上进行的生产用火也属于计划火烧。

计划火烧的作用因应用于不同的生态系统而异, 火烧的效果取决于火行为、植被类型、地形、气候条件等。计划烧除的应用目的涉及到以下几个方面: (1) 提高家畜和野生动物的放牧价值; (2) 防治病虫害; (3) 水土保持作用, 可以减少由于大火灾造成的水土流失; (4) 保护野生动物; (5) 提高林区的景观度; (6) 用于育林工作, 包括用火进行立地准备、控制竞争植被、林分改造和林分恢复; (7) 保护自然生态系统^[21, 22]。

火对生态系统作用有利或是有害, 主要取决于火作用的时间和强度。一般来讲, 低强度火和一定周期的林火能促进森林生态系统的物质流和能量流, 有利于维持生态系统的稳定, 有益于森林的天然更新和林地生产力的提高; 高强度和过频繁的林火会破坏森林生态系统的稳定性。计划火烧选择在温度、风速、风向、湿度、植物含水量等适宜的季节和时间内进行, 尤其火烧时间必须在充分研究的基础上确定: (1) 林中可燃物和天气条件都处于安全之时; (2) 林中可燃物的积累量非常大时; (3) 有竞争性的非目的树种侵入时; (4) 林地上需要准备播种造林或植树时; (5) 有病虫害蔓延危险时。

火的影响有时是短期的, 有时是长期的。计划烧除是强有力的工具, 但有其应用的局限性。在大多数情况下, 计划烧除必须与其它林业生产一起, 如火烧后的机械整地、种植、补植或林间栽植、粗杂材的清理或除草等, 最终计划烧除必须发展成为森林经营不可分割的一部分。随着

对森林资源需求增长的压力和公众对环境及生活质量标准的要求,必须坚持森林资源的持续发展,合理应用计划烧除技术。但计划烧除对生态系统中生物、土壤、水文等因子的长期影响,以及计划火烧烟雾所引起的环境污染问题,都有待于进一步的研究和解决。

4 火生态学的展望

林火,是一个早已被人们熟知的自然和社会现象,在陆生生态系统中火是一个相当重要的因子。除了四季都是潮湿的森林以外,几乎所有的森林都曾在某一时期烧过火。数千年来,林火及其引起的次生演替在保持物种的多样性以及在形成地球上森林的组成结构上起着显著的作用。过去,生态学家都认为火只会烧毁植物、森林及其他生物,是扮演破坏者的角色。近年来,生态学家改变了这种观念,森林中每年的凋落物不能完全腐化,就造成了地表枯落物的积累,在自然条件下火便成为促进枯落物转化的因子,适当地用火烧对森林是有益的。长期的研究已经证明,火是生态系统中独特的、自然的环境因子,犹如生态系统中的光照、温度、能量和水等因子,对植被产生影响。目前国外林火生态研究重点是林火对整个森林生态系统的影响,如林火燃烧时烟雾对环境的影响,林火对森林生物多样性的影响,火烧以后对森林演替的影响,林火状况和火频度的研究等。

作为生态学分支的新兴学科,火生态学不论从理论上还是从实践上与其它生态学分支相比还很落后,尤其是理论研究上显得更为突出。但是,从已取得的一些成功实例来看,随着防火装备和技术的发展与提高,人们对于小火灾的控制能力有很大提高。目前在一些发达国家对于小火灾能够及时控制,而对大的和特大的火灾仍无法控制。各国纷纷探讨生态防火的途径,可以预计生态防火是森林防火工作必由之路。

生态防火是在生态理论指导下,利用生态系统中火与环境 and 生物之间的关系,调整森林可燃物结构,从而达到预防森林火灾的目的。生态防火大致可分为三个方面,一是营造各种防火林带,根据各树种和植物的燃烧特性和生态学特性,选择适合的抗火树种和植物阻隔,控制林火及其蔓延;二是调节林分结构,通过易燃树种与难燃树种的合理混交或营建防火林带,来达到既保证目的树种的良好生长又减小火危险性的目的,改善森林环境,降低其易燃性,提高林分的抗火性;三是利用生物和生物工程的办法,培育或筛选能快速分解可燃物的微生物和活性酶类,施放到林地,减少林地易燃物或改变其燃烧性。

常规、传统的森林防火已面临许多无法解决的问题,诸如无力控制大火和特大火,有的机械型和单纯技术型防火措施解决不了火灾的随机性和突发性问题,防火成本高,扑火费用高得惊人,对环境的严重污染等。因此,生态防火已成为防火发展的方向,相信随着科学的发展和现代科技革命的影响,火生态学理论研究对于将来指导林火管理和决定林火管理水平起着直接和决定性的作用。

参 考 文 献

- 1 Grren A M. Fire and Australia Biota. CSIRO, 1981. 172 ~ 185.
- 2 Cooper C F. The ecology of fire. Sci. Am., 1961, 204: 150 ~ 156.
- 3 Horton. Development of vegetation after fire in the chamise chaparral of southern California. Ecology, 1955, 36: 244 ~ 262.
- 4 Kozolowski T T. Fire and ecosystems. New York: Academic Press, 1974. 542 ~ 544.

- 5 Chandler. Fire in forestry. New York: Wiley & Sons, 1983. Vol. 1 ~ 3.
- 6 郑焕能. 火在森林生态系统平衡中的影响. 东北林业大学学报, 1990, 18(1): 8 ~ 12.
- 7 Wright A, Bailey W. Fire ecology. New York: John Wiley & Sons, 1982. 274 ~ 289.
- 8 Bond J, Wilgen B W. Fire and plants. London: Chapman & Hall, 1996. 156 ~ 159.
- 9 Daskalakou E N, Thanos C A. Aleppo pine (*Pinus halqensis*) postfire regeneration: the role of canopy and soil seed banks. International Journal of Wildland Fire, 1996, 6(2): 59 ~ 66.
- 10 Whitmore T C. Forest and fire of the far east. Oxford: Clarendon Press, 1975. 282 ~ 297.
- 11 王金锡. 云南松计划烧除试验研究(之一). 森林防火, 1993, 36(1): 9 ~ 13.
- 12 Brown, J. Fire damage. Canada Journal of Forest Research, 1987, 17(9): 1100 ~ 1109.
- 13 蔡体久, 周晓峰. 火灾对河川径流的影响研究. 林业科学, 1995, 15(2).
- 14 USDA. Fire s effects on wildlife habitat——Symposium Proc. INT-186, 1985. 24 ~ 28.
- 15 Wyk P Van. Problems of fire in Kruger Park. African Wild, 1978, 22(4): 268 ~ 280.
- 16 陈大珂. 黑龙江森林之天然林. 见: 李景文主编. 黑龙江森林. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社, 1993. 53 ~ 59.
- 17 周以良主编. 中国大兴安岭植被. 北京: 科学出版社, 1991. 300 ~ 343.
- 18 Sieg C H, Wright H A. The role of prescribed burning in regeneration *Quercus macrocarpa* and associated woody plants in stinger woodlands in black hills, South Dakota. International Journal of Wildland Fire, 1996, 6(1): 21 ~ 30.
- 19 Weber M G, Taylor S W. The application of prescribed burning in Canadian forest management. The Forestry Chronicle, 1992, 68(31): 21 ~ 32.
- 20 Barid I A, Calting P C, Ive J R. Fire planing for wild fire management: a decision support system for Nadgee nature reserve, Australia. International Journal of Wildland Fire, 1994, 4(2): 107 ~ 122.
- 21 舒立福, 田晓瑞. 计划烧除的研究与应用. 火灾科学, 1998, 7(3): 61 ~ 67.
- 22 舒立福, 田晓瑞. 国外林火现状与展望. 世界林业研究, 1997, 10(2): 28 ~ 36.

The Studies and Application of Forest Fire Ecology

Shu Lifu Tian Xiaorui Ma Lintao

(The Research Institute of Forest Ecology Environment and Protection, CAF, 100091, Beijing, China)

Abstract Fire ecology is a branch of ecology. As a ecological factor, fire is getting important to people. Fire interfere can not be excluded completely in forest ecology system, and it is necessary to maintain some forest ecosystems in the world. This paper reviews the development history of fire ecology, and divided the research course into three phases: (1) From 1900 to 1960, it is initial stage; (2) From 1961 to 1985, it is the second phase——changing the cognizance to fire; (3) After 1985, it is the phase to form the branch subject of fire ecology. The conception and study content of fire ecology are also discussed in the paper. Fire effects were recounted to plants, soil, hydrology, animals and ecosystems respectively. Application and practice of fire ecology are emphasized especially, and the application and effects of prescribed burning are also discussed. In the end, the prospect of fire ecology is forecasted.

Key words fire ecology; fire history; application of fire ecology; prescribed burning