

# 我国飞播林资源及可持续经营对策

李国雷<sup>1</sup>, 赵永军<sup>2</sup>, 陈吉虎<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 水利部 水土保持监测中心, 北京 100053)

**摘 要:** 飞播造林是我国偏远山区困难立地重要的植被恢复模式, 探明我国飞播林资源及其经营中存在的对关键问题阐明其生态功能, 认识其发展规律, 以及制定营林措施, 均具有重要意义。结合 50 a 来我国飞播造林发展的历史阶段和飞播林群落的特点, 系统地分析了飞播林经营现状及存在的问题, 从技术层面上提出了改善飞播林质量的思路与对策, 以便为飞播林可持续经营提供参考。

**关键词:** 飞播造林; 森林资源; 可持续经营

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)03—0161—06

中图分类号: Q948.15

## Present Situation and Sustainable Developmental Countermeasures of Aerial Seeding Forest Resources in China

LI Guo-lei<sup>1</sup>, ZHAO Yong-jun<sup>2</sup>, CHEN Ji-hu<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Forest Cultivation and Conservation of Education Ministry and Beijing Forestry University, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Monitoring Center for Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China)

**Abstract:** Aerial seeding afforestation is an important approach to the restoration of vegetation in remote mountain areas of China. It is important to know aerial forest resources and key techniques for the study of ecological functions, developmental stages as well as forest management. Based on the 50 year history of aerial seeding afforestation and the characteristics of forest resource by aerial seeding, issues related to the management of the forest resource are discussed, and the measures and suggestions are presented.

**Keywords:** aerial seeding afforestation; forest resource; sustainable management

作为我国三大造林方式之一, 飞播造林是加快我国造林绿化的重要途径, 是生态建设中快速恢复和扩大森林植被的先进造林方式, 是荒漠化防治重要举措之一。截止 2004 年, 我国已飞播造林  $2.97 \times 10^7$   $\text{hm}^2$ , 随飞播造林的深入发展, 适宜于飞播造林的林地逐渐减少, 工作重点从飞播造林转移到飞播林经营管护方面。因此, 就飞播造林的理论基础、历史阶段、现状、经营中存在的问题与对策进行总结尤为重要。本文结合我国飞播 50 a 的数据, 在查阅大量文献基础上, 对飞播造林可持续经营进行了探讨, 以期为今后健康飞播林的营造、抚育、改造提供参考。文中飞播造林相关数据来源于“中国林业信息网林业统计”。

## 1 飞播造林历史阶段

我国飞播造林已有 50 a(1956—2006 年)的历史, 按照其发展历程分为 4 个阶段(见图 1)。启动阶段(1956—1958 年)。1956 年 3 月在吴川县率先进行

飞播造林试验。虽然失败, 但拉开了我国飞播造林的序幕。试验阶段(1958—1978 年)。全国大面积的飞播试验始于 1958 年, 1959 年, 四川省凉山彝族自治州飞播的  $7.00 \times 10^3$   $\text{hm}^2$  云南松(*Pinus yunnanensis*)首次获得成功, 建成了全国第一片飞播林。1963 年之后的 10 a 全面推广四川省的经验, 全国进入试验阶段, 马尾松(*Pinus massoniana*)、云南松、黑松(*Pinus thunbergii*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、柠条(*Caragana korshinskii*)等飞播相继成功, 飞播区域已由湿润多雨的南方发展到了干旱少雨的北方<sup>[1]</sup>, 试验阶段 20 a 全国飞播造林  $9.13 \times 10^6$   $\text{hm}^2$ 。全面发展阶段(1978—1996 年)。1982 年邓小平同志对飞播造林做了重要批示后, 我国飞播造林正是纳入国家计划, 进入一个全新的发展阶段。1983 年起大面积飞播治沙, 成效显著<sup>[2]</sup>。1996 年 10 月在北京召开了中国飞播造林 40 年大会, 对我国飞播造林工作进行了系统分析、总结。持续发展阶段(1996—2004 年)。

收稿日期: 2006-10-13

修稿日期: 2006-12-06

资助项目: 国家自然科学基金“针叶人工林密度—地被—土壤连续体生态健康性研究(30471380); 北京市教委项目资助

作者简介: 李国雷(1977—), 男(汉族), 山东省菏泽人, 在读博士生, 从事人工林培育及植被恢复与重建研究。E-mail: glh226@163.com。

通讯作者: 赵永军(1969—), 男(汉族), 河北省石家庄市人, 博士, 高级工程师, 主要从事水土保持规划和管理。E-mail: yongjun\_zhao@126.com。

随六大林业工程相继展开, GPS 全球卫星定位导航新技术的普及, 飞播造林在天然林保护、京津风沙治理、“三北”和长江中下游流域等生态脆弱区赋予了新的历史意义。中国科学院水利部水土保持研究所“以开发沙棘资源作为加速黄土高原治理的一个突破口”, 自 1975 年以来, 在陕西省吴旗、安塞、宜川县和宁夏固原、彭阳等县, 大面积飞机播种建造高产优质沙棘林, 为黄土高原的植被建造和水土流失区群众的脱贫致富开辟了一条新路<sup>[3]</sup>。

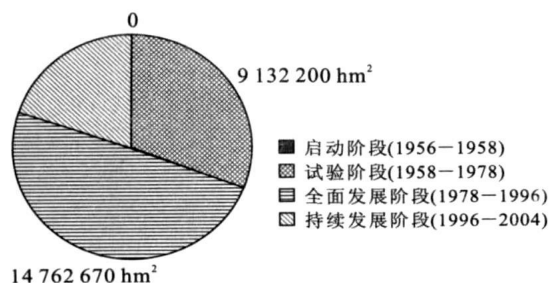


图 1 飞播造林发展历史阶段

飞播造林是适合我国国情的多快好省的造林绿化方式, 无论飞播造林面积还是造林质量, 在世界上都占有绝对优势的地位, 受到了很多国家和国际组织的密切关注<sup>[4]</sup>。

## 2 我国飞播林的特点

飞播造林是人工促进森林进展演替而形成的人工经营的自然体系。飞播林的形成是由飞籽侵入荒山灌丛群落, 然后竞争、定居的过程; 组成了特殊的群落类型<sup>[5]</sup>。

### 2.1 林分结构特殊性

2.1.1 水平分布特性 飞播林群落水平分布不均匀性源自其特殊的造林方式。通常的人工造林, 其程序是清山, 开设林步道, 留出防火线(带), 再整地造林, 不仅规格讲究合理, 树木分布均匀, 适地适树, 而且为抚育间伐和护林防火, 防虫灭病等都打下了基础。飞播林密度普遍较大, 且飞播林由于受飞行作业和立地条件等因素的影响, 不仅林木分布不均, 差异很大<sup>[6-8]</sup>, 林地面积大, 少则几十公顷, 多则数千公顷, 林木分布在连绵不断的数 10 个山头, 交通不便。

2.1.2 林分郁闭早, 林木分化激烈 飞播林由于密度普遍较大, 5~6 a 林分即可郁闭<sup>[9-10]</sup>。高密度型飞播林群落个体竞争激烈, 为争夺空间优势, 高生长过快, 主干纤细, 胸径分化较大, 自然整枝加剧, 树冠窄小, 被压木增多, 林木个体生长不良。10 a 生的油

松, 树高达 2~2.3 m, 而地径仅有 1.5~2 cm, 自然疏枝十分严重, 仅树顶有一小部分活枝, 中下部枝条已经全部枯死<sup>[6]</sup>。9 a 云南松每 1 hm<sup>2</sup> 超过 22 995 株的自然枯损率在 26% 以上, 24 a 生林分 7 005 株/hm<sup>2</sup>, 自然枯损率超过 55%<sup>[11]</sup>。

### 2.2 飞播林年龄组成以中、幼龄林为主

飞播林群落年龄结构中, 近熟林、中龄林、幼龄林面积分别为  $6.52 \times 10^4$ ,  $1.28 \times 10^7$ ,  $1.69 \times 10^7$  hm<sup>2</sup>, 分别占飞播林总面积的 0.22%, 42.88%, 56.90%。中、幼龄林所占比重较大, 飞播林的抚育间伐和低效林改造任务繁重。

### 2.3 组成结构以纯林为主, 针叶林面积大

尽管我们注重了混交林的飞播, 全国飞播林仍以纯林为主。飞播造林选用树种单一是造成基地内树种单一的主要原因; 其次在基地内的荒山上开展补植补造时, 选用种苗单一是造成树种单一的又一原因<sup>[11]</sup>。飞播造林大部分省(自治区)是以松类树种为主, 基本形成了南马(马尾松)北油(油松)的格局。

### 2.4 生长规律特殊性

低、中、高密度型飞播林群落生长差异性较大, 生长规律较人工林特殊、复杂<sup>[9, 12-13]</sup>。高、中密型马尾松林分林木生长衰退早, 直径、高、材积连年生长量高峰分别为 6, 4~6, 12 a, 低密度型林分林木生长与人工马尾林差异不大<sup>[9]</sup>。油松飞播林在幼龄林时期, 前 5 a 生长缓慢, 第 6~9 a 进入第一生长高峰期, 之后生长有 3 次减缓的波动, 生长受抑制从第 9 a 起出现, 以后基本是每隔 5 a 发生 1 次<sup>[14-15]</sup>, 这为确定抚育间伐的首伐适期和间隔期, 提供了充分而可靠的理论依据。

### 2.5 地区分布不均衡性

除上海、江苏、西藏外, 我国其它 28 个省、直辖市均进行了飞播造林(见图 2), 广西、广东、四川、贵州等省飞播造林面积较大, 长江以北各省、直辖市造林面积相对较少。浙江、湖南、广东、安徽等省飞播造林开展较早, 宜播荒山迅速减少, 1996 年后未开展飞播造林。

### 2.6 火灾和病虫害隐患大, 地力衰退严重

飞播造林林相单纯, 主要以松类树种为主, 飞播林枝、叶富含油脂, 可燃性强; 飞播造林前期封育, 很多林分没有开展过森林经营活动, 加之林下光照弱, 微生物数量较少<sup>[16]</sup>, 枯落物分解缓慢, 可燃物积累多; 播区面积大, 集中连片分布, 基础设施差, 林分密度普遍较大, 树冠相连, 枝丫衔接, 一旦发生火灾, 蔓延迅速<sup>[17]</sup>。

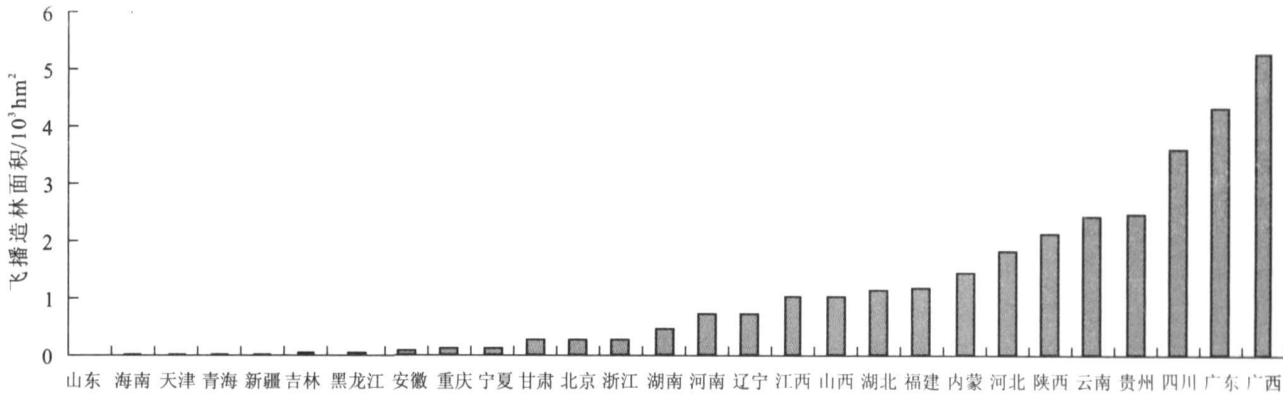


图2 各省(直辖市)飞播造林面积  
注: 图中广西飞播林所示面积为其实际面积的 1/10

飞播油松林受油松草蛾、松梢螟、松偏叶蜂危害严重<sup>[18]</sup>, 河北省油松飞播林油松毛虫危害面积已达飞播造林的 1/5 多<sup>[19]</sup>。飞播林病虫害的发生源自生境条件的改变。一方面, 飞播林成林后, 宜林荒山植被群落演替被飞播林群落替代, 昆虫群落赖以生存的生境发生了改变; 另一方面, 飞播林没有经过合理的经营管理, 昆虫的群落结构没有得到相应调节, 昆虫群落营养结构基本上可用松树—松树害虫—天敌昆虫这条简单的能流线路来表示, 这条能流路线中的任何一个环节发生变化, 势必引起昆虫群落的剧烈波动, 病虫害发生频繁<sup>[20]</sup>。

飞播林群落代替荒山宜林群落而加快了演替进程, 同时也加大了对土壤养分的消耗。飞播林密度普遍较大, 养分竞争激烈, 加之飞播林以针叶纯林为主, 郁闭度大, 林下光照差, 土壤微生物较少<sup>[16,21]</sup>, 凋落物分解缓慢, 养分返还少, 飞播林“取”多“给”寡, 林地肥力下降。

3 经营对策

3.1 制约飞播林可持续经营的因素

制约我国飞播林经营的因素很多, 既有主观因素也有客观因素。(1) 对飞播林的成林规律及其特点认识不够, 对其间伐重视不足; (2) 我国飞播林大多处于幼龄阶段, 造林郁闭成林面积逐年增大。飞播林多分布在远山荒岭, 林龄相对一致, 林地面积大, 立地条件差异大, 林木分布不均, 抚育间伐任务艰巨<sup>[22]</sup>; (3) 边远山区一般经济较为落后, 无足够财力投入管护工作, 加之播区管护需要的时间较长, 飞播林以发挥生态效益和社会效益为主, 经济效益差且周期长<sup>[6]</sup>, 对针叶树来讲, 第 1, 2 次抚育只能产薪材, 直到第 3 次抚育间伐才能生产部分小径材和椽材<sup>[23]</sup>, 没

有利益驱动; (4) 由于管护经费得不到落实, 难以稳定林业管护队伍, 影响管护人员的积极性和管护的效果。因此, 抚育在飞播林经营中更显出它的迫切性和必要性。

3.2 飞播林经营的原则

飞播林这一特殊群落经营方式应有别于人工林、天然林。对飞播林的分布与现状进行调查规划, 参照分类经营, 定向培育的原则, 有计划、有步骤地将飞播林培育成生态防护林基地和生态林产业基地。北方石质山地试验与生产类型区、黄土高原丘陵沟壑、沙漠、长江中上游、京津风沙区等试验类型区立地条件差, 交通不便, 均可划作生态防护林基地经营, 实施改造、封育等经营措施, 兼顾薪炭林、小径材林或其它小经济林的营建, 充分考虑柠条、沙棘等具有良好的水土保持功能又有一定的经济价值林种的选择。在南方山地、西南高山中原山地等生产类型区立地条件好, 有望能培育成大中径材, 可建立生态林产业基地, 采用强度抚育间伐等措施以促进木材生产。继续开展抚育间伐试验, 建立示范林、样板林, 以点带面, 推动抚育间伐工作的开展。

3.3 飞播林可持续经营的对策

3.3.1 完善飞播林基地建设 飞播林基地建设, 是实现市场机制与飞播林经营管理有机结合的重要途径, 是一项长时期、大规模的林业系统工程。目前, 我国飞播林基地建设处在初级阶段, 管理机制尚不健全。明确飞播林产权是基地建设的关键, 兴办股份制林场是一种有效途径, 必须处理好林权纠纷和收益分配问题, 充分发挥群众爱林护林的积极性。

3.3.2 抚育间伐 现阶段飞播林经营重点是中幼龄林的抚育间伐。根据社会经济条件和飞播林的特点, 可将抚育间伐分为间苗抚育、透光伐和生长伐 3

种<sup>[12]</sup>。云南松、马尾松、油松等飞播后第 3 a, 苗木成活基本稳定, 因此, 这些树种在飞播后 3 a 或 4 a 可结合补植补播进行间苗抚育。透光伐主要在郁闭后的幼林内进行, 目的是伐去过多的、生长不良的和受病虫害危害的林木。透光伐通常有全面、带状、团状等抚育方法<sup>[23]</sup>。马尾松飞播林透光伐开始时间一般为 5 a<sup>[12, 24-25]</sup>, 飞密或飞疏林可相应地提前或推迟 1~ 2 a, 保留株数为 3 750~ 5 250 株/hm<sup>2</sup><sup>[12]</sup>。生长伐适用于中林龄, 是贯穿于整个未成熟林分的主要间伐类型, 直到主伐前一个龄级为止。要进行生长伐的林分郁闭度应在 0. 7 以上, 间伐后的郁闭度不得低于 0. 6<sup>[24, 26]</sup>, 生长伐通常采用“去弱留强, 去密留疏, 去弯留直, 照顾均匀”的下层抚育法<sup>[24]</sup>。

(1) 生长伐时间。① 生长伐开始期。生长伐的开始年龄应根据经营目的、树种生物学特性、林木生长情况、立地条件、林分密度以及劳力、交通运输条件、间伐材的销路等因素综合考虑。一般来说, 密度大、立地条件好、林木生长快、郁闭早、树冠大的阳性树种, 开始间伐时间要相应早一些。反之, 则可迟些。从促进林木生长角度考虑, 间伐开始年限应在直径连年生长量出现明显下降而材积连年生长量出现高峰之前进行。飞播油松林首伐时间为 6~ 8 a<sup>[7-8, 10-12, 27, 29]</sup>, 马尾松首伐时间为 8~ 10 a, 飞播林

分首伐时间可根据林分密度的大小适当提前或延迟 2~ 3 a(见表 1)。② 间隔期。间隔期的长短取决于林木生长和树冠恢复郁闭的快慢以及直径连年生长量重新下降的时间。一般要求郁闭度恢复到 0. 8 以上时才再进行抚育间伐<sup>[9]</sup>。飞播油松林首伐应在 6~ 8 a, 第 2, 3 次分别为 10~ 12, 16 a<sup>[7, 10, 27]</sup>。马尾松间伐间隔期以 3~ 6 a 为宜<sup>[8-9]</sup>, 可根据前次间伐保留密度的大小适当增减。由于飞播林多处于边远深山区, 交通不便, 可加大间伐强度以延长间隔期。③ 作业时间。为便于组织社会劳动力和增加群众收入, 以冬季或其它农闲季节较好。

(2) 生长伐强度。经营目的、林龄、初植密度是决定间伐强度的关键因子。如表 2 所示, 防护型、用材型飞播油松适宜保留密度分别为 2 250~ 3 000, 600~ 900 株/hm<sup>2</sup>, 马尾松飞播林分别为 3 000~ 3 750, 1 250~ 1 500 株/hm<sup>2</sup>。飞中、飞疏林分进行一次生长伐即可, 飞密林分要进行 2~ 3 次间伐才能达到预期目的, 每次间伐强度要根据林分生长状况加以确定, 林分郁闭度是一个较好的评价指标<sup>[7-10, 27-31]</sup>, 林分间伐后的郁闭度不低于 0. 6<sup>[10, 29]</sup>。此外, 抚育间伐的强度一般要掌握陡坡小于缓坡, 阳坡小于阴坡, 避免因林分环境的剧烈变化而影响林木生长和林分的稳定。

表 1 不同林分密度油松、马尾松飞播林首伐时间

林 分	林分密度/(株·hm <sup>-2</sup> )	首伐时间/a	林 分	林分密度/(株·hm <sup>-2</sup> )	首伐时间/a
油 松	≤6 675	16	马尾松	≤6 000	10~ 12
油 松	6 675~ 9 990	10	马尾松	6 000~ 10 500	8~ 10
油 松	9 990~ 15 000	8	马尾松	≥10 500	6~ 8
油 松	≥15 000	6~ 7	马尾松	1 050~ 1 250	9~ 11
马尾松	3 300~ 5 550	7	马尾松	1 250~ 7 500	12
马尾松	4 500~ 13 500	8	马尾松	7 500~ 15 000	13~ 15

表 2 飞播林保留密度株/hm<sup>2</sup>

林 分	类 型	适宜保留密度		
		第 1 次间伐	第 2 次间伐	第 3 次间伐
油松(防护型)	飞密(密度 ≥6 675)	6 000~ 8 250	4 050~ 6 000	2 250~ 3 000
	飞中(密度 3 000~ 6 674)	—	2 250~ 3 000	—
	飞疏(密度 1 050~ 2 999)	—	2 250~ 3 000	—
油松(用材型)	—	—	600~ 900(多次间伐后)	—
马尾松(防护型)	—	—	3 000~ 3 750(多次间伐后)	—
马尾松(用材型)	飞密(密度 ≥10 500)	4 500~ 6 000	3 000~ 4 500	1 250~ 1 500
	飞中(密度 6 000~ 10 500)	3 750~ 4 500	1 250~ 3 000	1 250~ 1 500
	飞疏(密度 ≤6 000)	1 250~ 3 000	1 250~ 1 500	—

需要指出的是,由于受传统林业经营观念的影响,目前间伐强度仍以追求木材产量和降低经营成本为目标,没有重视森林生态效益的发挥,已不适用于现代林业的经营理念。因此,在可持续发展理论指导下,优化群落配置结构、维持生态系统多样性以实现经济效益的可持续性,尽快实现从单纯的防护林或用材林型向生态经济综合型转变。

3.3.4 补植补播 补植补播,一般在成苗效果评定后进行,补播大致在播后的第2~3a完成,补植在播后3~5a完成。补植补播的树种,除了选用飞播的马尾松、油松、云南松等松类树种外,应根据播区局部立地条件,尽量采用乡土树种,特别是适生阔叶树种,如栎、漆树、木荷、台湾相思等,既可形成带状或块状混交林,又可形成生态防火带。采用的造林方法通常有植苗造林、容器苗造林、直播造林、过密飞播幼苗就地移栽等。影响幼苗移植造林成活率的主要因素是造林地条件和造林季节,其次是苗木年龄,雨季3a幼苗带土沾浆造林效果最佳<sup>[32]</sup>。

3.3.5 构建防火线和生态防火带 防火线要根据地形及山林权属界限因地制宜设置,并与林步道相结合。防火线一般不小于10m,通常采用生土防火线,铲除杂草灌木,定期维修。

构建耐火阔叶树种为主的生态防火林替代消耗性的生土防火线是林区群众多年生产实践的经验总结。生态防火林带增加了飞播林群落空间异质性,提高了物种多样性,有利于林分微环境的改善和防止病虫害的发生。生态防火林带应选用枝叶茂密,含水量高,耐火性强,含油脂少,生长迅速,郁闭快,适应性强的乡土阔叶树种,北方一般可选用杨树、榆树、槭树、稠李、忍冬、接骨木等。南方可采用木荷、台湾相思、红木荷、栓皮栎等。防火带可沿用山脊、河谷、河流、道路等防火线位置,其中,山脊防火林带最为常见。典型山脊防火带的水平结构,应在林带中间设置4m以上的林道,林道两侧各种植4~7行阔叶树种。林道既可作为扑火时的安全通道,也可能形成风速缓冲带,有利于阻落森林燃烧产生的火星,可提高林带的防火能力。过去多采取密植以促进防火林带的及早郁闭发挥其生态功能<sup>[24]</sup>,近年来多选择稀植方式,稀植会增加林带的抚育年限,加大防火林带的有效防火年限<sup>[33]</sup>。

3.3.6 病虫害防治对策 飞播林群落取代了荒山宜林群落,也改变了昆虫群落的优势种,使昆虫群落向以飞播林为食物的昆虫集中<sup>[20]</sup>。因此,增加飞播林群落物种多样性是生物防治措施的首选。笔者认为,采用多种间伐强度以构建伴有大量异质性林窗的复

层林分的营林措施较培育混交林简单、宜控。间伐强度不同,林分微环境差别较大,林下植被发育各异,同样能达到提高物种多样性的目的,而培育混交林营林方法无异于在远山瘠壤上实施大面积人工造林,难度大,成活率低。

3.3.7 飞播林更新 20a后,目前处于中龄阶段的飞播林就会进入近熟林或成熟林阶段,飞播林步入衰退期,位于远山荒岭的高密度、大面积针叶纯林的更新是又一棘手问题。北美近代林业现状及营林措施给予我们更多思考。现在北美很多森林进入或处于老龄林阶段,黄松林老龄化面积已超过50%,更新困难是制约这些大面积人工林可持续经营的瓶颈,带状皆伐、透光伐、生态经济型间伐、变异保持力等促进林分更新的营林措施成为当前研究热点<sup>[34-36]</sup>。因此,一定要结合今后林分更新选择,制定当前飞播林的抚育措施。

#### [参 考 文 献]

- [1] 中国飞播造林四十年编委会. 中国飞播造林四十年[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998. 36.
- [2] 漆建忠. 中国飞播治沙[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 8.
- [3] 李代琼, 梁一民, 侯喜禄, 等. 黄土高原沙棘建造植被的生态功能及效益试验研究[J]. 沙棘, 2003, 16(3): 16—21.
- [4] 中国林学会. 长江中上游防护林建设论文集[C]. 北京: 中国林业出版社, 1991.
- [5] 陈芳清, 卢斌. 长江飞播油松林的群落学特点[J]. 信阳师范学院学报, 1997, 10(3): 42—46.
- [6] 常秀云. 加快飞播造林步伐, 改善北京周边地区生态状况[J]. 林业资源管理, 2003, 6: 45—48.
- [7] 郭天亮, 李素林, 白静, 等. 飞播油松林抚育间伐技术的探讨[J]. 防护林科技, 2004, 5: 63—64.
- [8] 贺眉寿. 马尾松飞播造林林分抚育间伐试验[J]. 四川林业科技, 1987, 8(4): 55—60.
- [9] 陈载辉, 陈灿勋. 飞播马尾松林林分的生长及其抚育间伐技术的研究[J]. 广东林业科技, 1986(1): 27—32.
- [10] 杨永明, 李振禄. 油松飞播幼林抚育间伐技术的研究(二)——抚育间伐技术指标的确定[J]. 河北林业科技, 1993(2): 36—40.
- [11] 刘增喜, 张慧勤, 邢惠民. 河南省飞播林基地现状及对策探讨[J]. 河南林业科技, 1996(3): 28—31.
- [12] 詹潮安, 张集群, 刘水寨. 飞播马尾松林生长规律及间伐技术的初步研究[J]. 广东林业科技通讯, 1984(6): 6—12, 34.
- [13] 杨永明, 李振禄. 油松飞播幼林抚育间伐技术的研究(一)[J]. 河北林业科技, 1993(1): 21—25.
- [14] 郭利华, 张宏文, 马喜明. 油松飞播林生长规律研究[J]. 河南林业科技, 2002, 22(3): 16—17.

- [15] 杨澄. 油松飞播林生长规律的研究[J]. 西北林学院学报, 1996, 11(4): 24—27.
- [16] 周德明, 陈晓萍, 张建湘, 等. 马尾松飞播林地土壤微生物的研究[J]. 中南林学院学报, 2002, 22(3): 59—62.
- [17] 罗襄生, 吴国新, 孔令省. 河南省飞播林防火问题的探讨[J]. 河南林业科技, 2000, 20(1): 24—25.
- [18] 张宏文, 刘增喜, 光增云. 河南省飞播林经营管理问题探讨[J]. 河南林业科技, 1996(4): 8—9.
- [19] 杨占山, 李连锁. 油松飞播林油松毛虫防治指标的初步研究[J]. 河北林业科技, 1994(1): 22—24.
- [20] 李去惑, 张合平. 飞播马尾松林与昆虫群落特征及多样性的研究[J]. 广西林业科学, 2001, 30(1): 7—11, 38.
- [21] 李志辉, 漆良华, 柏方敏, 等. 马尾松飞播林土壤肥力研究[J]. 中南林学院学报, 2004, 24(5): 32—35.
- [22] 王育文. 陕西省飞播林基地建设问题的思考[J]. 陕西林业科技, 1999(2): 43—46.
- [23] 吴圣地, 王关平. 飞播造林在生态建设中的前景与地位[J]. 陕西林业科技, 1998(2): 39—41.
- [24] 飞机播种造林手册编辑委员会. 飞机播种造林手册[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985. 4—13.
- [25] 曾馥平, 王克林, 李文祥, 等. 飞播马尾松林间伐试验[J]. 农业现代化研究, 2001, 22(4): 249—252.
- [26] 中华人民共和国林业部造林经营司. 中国飞机播种造林[M]. 贵州: 贵州人民出版社, 1987.
- [27] 姚勇. 栾川县飞播油松幼林抚育间伐试验初报[J]. 河南林业科技, 1996(4): 31—32.
- [28] 刘增喜, 姚勇. 飞播油松幼林抚育间伐技术探讨[J]. 河南林业科技, 1996(4): 16—17.
- [29] 陈国富, 吴持平, 徐善桂, 等. 飞播马尾松林的抚育间伐研究[J]. 浙江林学院学报, 1993, 10(2): 179—183.
- [30] 刘占朝, 张宏文, 王团荣, 等. 油松飞播林经营技术研究现状及发展趋势[J]. 河南林业科技, 2002, 22(1): 4—5, 13.
- [31] 陈兆先, 何友军, 柏方敏, 等. 林分密度对马尾松飞播林生物产量及生产力的影响[J]. 中南林学院学报, 2001, 21(1): 44—47.
- [32] 杨永明, 李振禄. 油松飞播幼林区移植造林技术的研究[J]. 河北林业科技, 1993, 4(1): 10—13.
- [33] 国家林业局森林防火办公室. 中国生物防火林带建设[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003(2): 87.
- [34] Sullivan T P, Sullivan D S, Lindgren P M F. Influence of variable retention on forest ecosystems. I. Diversity of stand structure[J]. Journal of Applied Ecology, 2001, 38(6): 1221—1223.
- [35] Sullivan T P, Sullivan D S. Influence of variable retention on forest ecosystems. II. Diversity and population dynamics of small mammals[J]. Journal of Applied Ecology, 2001, 38(6): 1234—1252.
- [36] Beese W J, Dunsworth B G, Zielke K, et al. Maintaining attributes of old-growth forests in coastal B. C. through variable retention[J]. Forestry Chronicle, 2003, 79(3): 570—578.