

# 关于人工林可持续经营的思考

◎朱教君 张金鑫

森林是支撑地球生命系统最重要的组成部分,我国天然林资源总量不足,需要大力发展人工林。然而,人工林面临着生产力低、地力衰退、生态效益差等问题。文章介绍了关于我国重要树种人工林结构优化、功能提升的研究和思路。

人们印象中的森林,可能是中国东北皑皑白雪映衬下的长白山、大兴安岭的原始森林,也可能是生存着成群大象、黑猩猩等动物的非洲原始森林。而对于每年为世界提供了大量木材,为保护环境防风固沙、保持水土、涵养水源的人工林,人们却没有像对自然形成的原始森林(即天然林)那样鲜明的印象。人工林是利用播种、植苗或扦插等方法和技术,人工种植或营造的森林。

中国拥有全世界最多的人工林,2014年人工林面积已达6933万公顷(相当于42个北京市的面积),占全国森林总面积的33.3%,世界人工林面积的23.9%。根据营造目的,可将人工林分为:以生产木材为主的人工用材林(或商品林),包含提供热能燃料的人工薪炭林,提供林产品的人工经济林等;用于防风固沙、保持水土、涵养水源、保护建筑设施等的防护林(或非商品林)。实际上,无论是天然林还是人工林都具有提供木材和生态防护的功能。那么,人工林与天然林有何不同,人工林能否替代天然林?为什么要大力发展人工林,与天然林相比,人工林存在什么问题?应该如何经营人工林?

## 发展人工林的目的

森林是陆地生态系统的主体和重要资源,是人类生存发展的重要生态保障,也是自然界赐予我们的“水库、钱库、粮库”。随着人口增加,社会和经济的迅速发展,森林被人类无限度的开发和利用,世界上原有的天然林面积在持续减少。据联合国粮食及农业组织

朱教君,研究员;张金鑫,高级工程师;中国科学院沈阳应用生态研究所,中国科学院清原森林生态系统观测研究站,中国科学院森林生态与管理重点实验室,沈阳110016。jiaojunzhu@iac.ac.cn

Zhu Jiaojun, Research Professor; Zhang Jinxin, Senior Engineer; Key Laboratory of Forest Ecology and Management, Qingyuan Forest, Chinese Ecosystem Research Network, Institute of Applied Ecology, CAS, Shenyang 110016.



河北塞罕坝的樟子松人工林(朱教君摄)

(FAO)发布的《2015年全球森林资源评估报告》,截至2015年,全球森林总面积由1990年的41.28亿公顷下降到39.99亿公顷,25年间减少了1.29亿公顷,相当于整个南非的国土面积。人均森林面积已从1990年的0.8公顷降至2015年0.6公顷;全球森林覆盖率由1990年的31.6%下降到2015年的30.6%。过去25年中,森林损失最严重的地区在热带,特别是南美洲和非洲;目前全世界热带雨林的40%已被毁灭,被毁的森林多为天然林。

人们不断从天然林获得木材,撷取资源,全球年木材采伐量从1990年的28亿立方米增加至2015年的37亿立方米,被严重过度利用的天然林已经远远不能满足人类对木材和林产品的需求。大量采伐带来了严重的生态环境恶化:全球范围面临气候干旱,土地沙漠化日趋严重,因二氧化碳吸收减少造成全球性的“温室效应”,大量生物物种灭绝,生物多样性受到威胁,等等。

随着科学的发展,人们逐渐意识到需要保护森林,让森林继续发挥她应有的重要功能,开始有目的、有计划地大面积营造人工林。为发挥不同种类人工林的功能和作用,通常要考虑不同地区的水热条件、土

地类型等,选择合适的树种,营造不同类型的人工林。相对于天然林,人工林生长快、产材多,生产的木材规整、质量稳定、便于加工;同时,人工林也兼具了天然林涵养水源、调节气候、维持生物多样性等生态功能。

据《2015年度全球森林资源评估报告》,全球人工林面积从1990年的1.78亿公顷增至2015年的2.9亿公顷,相当于全球森林总面积的7%,年均增长约500万公顷,这些增长主要来自亚洲地区。亚洲有1.29亿公顷人工林,占全球人工林面积近一半;欧洲(包括俄罗斯联邦)拥有约8200万公顷人工林,占全球人工林的28%;北美人工林约4300万公顷,约占全球的15%;非洲人工林为1600万公顷,占全球的5.5%;南美洲拥有约1500万公顷人工林,占全球的5%;大洋洲(主要国家为新西兰和澳大利亚)人工林约400万公顷,占全球的1.4%。

### 中国人工林的发展历程

中国人工林的发展已有800多年的历史。

1176年,朱熹在江西婺源文公山扫墓时种植了24株杉木(*Cunninghamia lanceolata*),据考证这是国内有历史记载的最早人造林,目前仍存活16株,古树高达30米以上,有“江南南杉王群”之誉。

距今600多年前,正逢大灾之年(1354年),闽北建瓯市房道地区富绅杨达卿以“植树一株,偿粟一斗”为由,营造了189公顷杉木人工林,经多年的封山和自然演替,成为现今典型的地带性植被——万木林,被称为“古森林博物馆”。

“一江木植向东流,滔滔直到鸚鵡州”,世居清水江畔的苗侗人民“开坎砌田,挖山栽杉”,象征着500年“皇木”征集历史的“锦屏文书”,见证了以锦屏为中心的清水江流域人工种植杉木林辉煌的木材时代和清水江悠久的木商文化。

而在中国近代历史时期,由于沙俄和日伪的掠夺性破坏,毁林开垦、乱砍滥伐,导致大面积森林资源遭受难以估量的损失。新中国成立初期,经济建设需要大量木材,加上“大跃进”时期因大炼钢铁等对森林的大量采伐,使森林资源再一次遭到严重破坏。

1955年开始,我国政府就开始意识到保护和培育森林资源的重要性,提出“绿化祖国”“实行大地园林化”的号召。1956年开始了第一个“12年绿化运动”,到1978年,在我国西部、华北北部、东北西部实施“三北”防护林体系建设工程,开创了我国林业生态工程建设的先河,也成为世界上最大的林业生态建设工程。之后,我国采取了多项发展林业的措施,开始大规模的人工林培育,初衷是为了提供优良木材,逐步发展并形



人工林采伐及集材作业 (朱教君 摄)

成提供林产品和生态防护等多种效益。

1980年后,我国提出人工速生丰产林的培育方针,1988年批准实施了“关于抓紧一亿亩速生丰产用材林基地建设报告”,1989年实施了《1989—2000年全国造林绿化规划纲要》,将速生丰产用材林基地建设推向一个新的高潮,1990年又提出工业用材林培育方针。

从2009年的联合国气候变化峰会以后,国家林业局明确提出通过大力发展人工用材林来解决商品林的经营方向与目标,到目前的国家生态文明建设,提出了加强森林生态安全建设,明确了提高森林资源质量,构建健康稳定的森林生态系统,增强森林多种功能。这都是增加人民群众生态福祉,维护国家生态安全的重要举措。

人工林的出现林业经济发展与生态环境保护中扮演着非常重要的角色。通过大规模人工林经营,不仅为人类提供大量的木材和林产品,弥补天然林资源的不足,更重要的是提升了森林覆盖率,使天然林得以保护与恢复。然而,与天然林相比,人工林,尤其是人工用材林却存在着诸多的问题。

### 人工用材林出现的问题

人工用材林在为我们带来木材的同时,也出现了日益显著的负面问题。比如,人工林生长没有达到设计时的预想效果,其生产力仅为对应天然林的一半;由于大面积单一树种纯林,涵养水源能力明显下降,且水质急剧酸化;病虫害严重,衰退频发;多数人工林由于地力衰退,二代人工林的木材产量显著下降,等等。下面以我国最主要的三大人工用材林造林树种(南方的杉木、北方的落叶松和广泛分布的杨树)为例,来剖析人工用材林存在的问题。

南方的杉木(*Cunninghamia lanceolata*)。杉木人工林是我国南方地区经营历史最长的人工用材

林,目前栽植面积达 853 万公顷,分布于东自浙江、福建,西至云南、四川及安宁河流域,南自广东中部和广西中南部,北至秦岭南麓(东经 102°~122°、北纬 22°~34°)。多代连栽(即一代成材采伐后,又在原地栽植下一代)后出现林地土壤质量严重衰退、木材产量下降。如,湖南会同杉木人工林中心产区,第三、第二代与第一代人工林相比,土壤养分(氮、磷)下降 15%~23%,木材产量平均下降 35%。另外,与当地气候条件下的天然林相比,杉木人工林的水土保持、水源涵养能力显著低下,天然林土壤总涵水量 2148.15 吨/公顷,而杉木人工林土壤总涵水量仅为 1810.48 吨/公顷。

北方的落叶松(*Larix spp.*)。落叶松作为北方人工用材林最重要的针叶树种,以生长快、产量高、材质优良等优点,形成了 378 万公顷落叶松纯林。但是,东北第一代落叶松人工纯林与毗邻的天然林相比,土壤肥力下降 23%;同时出现土壤酸化,从落叶松人工林流出的水 pH 值为 5.7,而从毗邻天然林流出的水 pH 值为 6.9。河北坝上地区的第一代落叶松人工林,与造林前的草地相比,土壤表层养分下降了近 60%,表现出明显的地力衰退。

作为阔叶树人工林的代表,我国的杨树(*Populus spp.*)人工林已达 757 万公顷(其中用材林 336 万公顷),居世界首位。杨树以速生、适应性强、分布广、种类和品种多而著称。然而,杨树人工林几乎全部为纯林,生物多样性低,除了与杉木、落叶松人工林一样表现出地力衰退、涵养水源能力低外,还易发生病虫害。

综上所述,现存人工用材林出现的问题可归纳为:木材生产能力低,林地土壤肥力下降,生态功能发挥有限。

### 解决人工用材林问题的对策

#### 解决人工用材林生产木材能力低的对策

导致人工用材林木材生产能力低的主要原因有:(1)用树不当。目前人工用材林使用的树种虽然均为现存优良品种,但由于对树种的生物学特性,如形态特性、解剖特性和遗传特性等缺乏全面了解,造林树种与当地环境不适应导致木材生产力低下。由于种木受到当地条件限制,以及光、温、水、养的胁迫,使得林地无法发挥其最大生产潜力,从而导致木材生产力较低。(2)管理不当。人工林在生长发育过程中,需要采取不同的经营措施和手段使其达到最佳生长。但由于经营技术措施不当,导致木材生产力较低。

针对用树不当问题,以杉木为例开展相关试验。在未栽植过杉木的阔叶林土壤(杂木林土)和栽植过杉木的土壤(杉木连栽土)上,分别栽植本地种源和外地的种源的杉木幼苗,经过长期生长发现,杂木林土上不



辽宁清原的落叶松人工林间伐实验 (朱教君 摄)

同种源的幼苗生长指标均优于杉木连栽土;无论是杂木林土还是杉木连栽土,与本地种源相比,外地种源幼苗生长更好。该试验结果说明,虽然造林品种选择正确,但适时更换种源可以提高杉木的生长,且能减轻连栽对杉木生长带来的不利影响。

试验还发现,同一树种人工林,有的树干、树冠长得好,即可以产生较多的木材;有的根系长得好,即树木适应性较强。据此,在造林实践中,可以通过嫁接、修枝、切根等方式获得木材生产量高且适应性强的造林新品种。比如,对于杨树人工林,在胁迫条件下,雄株比雌株表现出更好的自我保护和适应能力,而在非胁迫条件下雌株比雄株表现出更高的生长潜力。因此,在造林过程中,可把高产的雌性枝条嫁接到耐胁迫的雄性枝干上,即可获得既抗胁迫又高产的杨树造林新品种。再比如,对于落叶松人工林,在贫瘠土壤上,本地的长白落叶松生长好于外来的日本落叶松,而在肥沃土壤上,外来的日本落叶松显著优于本地长白落叶松;通过将日本落叶枝条嫁接到长白落叶松枝干上,即可得到适应性强、生长快的落叶松新品种。

针对经营不当问题,开展了不同经营措施对人工林生长影响试验。杉木栽植过程中的切根试验结果表明,由于杉木存在根系冗余,切掉一半根系时,树冠较不切根长得更好;根据该试验结果,随着树木的生长,可将杉木人工林多余的根系及时切除,即可促进树冠的生长,从而提高木材产量。不同强度的间伐和修枝试验结果表明,不同程度间伐和修枝后人工林木材生长量均显著增加;修枝在提高木材质量的同时,也可以促进地上木材的生长。因此,及时采取间伐、修枝等手段是促进人工林木材生长的必要措施。

#### 解决人工林土壤肥力下降的对策

导致人工用材林土壤肥力下降的主要原因有:(1)由于树种单一、结构简单导致养分归还缓慢。如落叶

松人工林,地上植被养分吸收与实际归还量不协调,削弱了落叶松人工林生态系统的生物自肥能力;另外,落叶松人工林的林下植被种类和数量少,降低了系统养分的循环速率,即落叶松人工林林下灌木和草本种类及数量少,限制了整个生态系统的养分循环。(2)人工林地被物(覆盖地表的植物及枯枝落叶等)抑制了土壤微生物发挥分解作用,落叶松人工林所形成的粗糙死地被物(覆盖地表未分解和半分解的枯枝落叶等)不利于土壤微生物生长和繁衍,土壤微生物活性减弱,降低了枯落物的分解和转化,使系统养分循环变慢,导致土壤养分积累减少。

导致人工林土壤肥力下降的核心在于林地土壤养分输入小于林木吸收,即林木养分需求大于供给,破坏了森林土壤生态的平衡,导致土壤退化。土壤养分输入主要来自凋落物,而凋落物的种类是决定养分输入的关键。因此,在人工林中开展了不同种类凋落物分解的长期试验。首先,通过比较人工林与其毗邻天然林的土壤性质发现,天然林不存在地力衰退的原因是由于天然林物种丰富(凋落物种类多)、结构复杂(凋落物量大),而人工林树种单一或多代连栽,造成人工林凋落物数量受限、品种单一。以落叶松为例,在落叶松人工林土壤中添加毗邻天然林树种的凋落物,包括蒙古栎(*Quercus mongolica*),胡桃楸(*Juglans mandshurica*),花曲柳(*Fraxinus rhynchophylla*),水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)和色木槭(*Acer mono*)等,长期凋落物分解试验结果表明,天然林树种凋落物与人工林凋落物混合后,均能促进凋落物的分解,尤其是水曲柳的凋落物分解最快并能增加微生物含量,有利于养分循环。基于此,提出在落叶松人工林内引种阔叶树,尤其是灌木树种,用于改善落叶松人工林土壤肥力。另外,在引种灌木树种时,可选择固氮树种,如落叶松人工林内引进豆科固氮灌木——胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz.),胡枝子生长3年的土地,其土壤肥力基本得到恢复。

#### 解决人工林难以发挥生态作用的对策

发展人工用材林除生产木材外,弥补森林资源总量不足、发挥森林的生态保护功能也是主要目的,尤其是随着当前全球林业定位发生根本转变——由木材生产为主转向以生态建设为主。因此,人工用材林的生态保护功能受到越来越多的关注。与具有丰富生物多样性、复杂林分结构、较大生态保护功能的天然林相比,目前人工用材林难以起到生态保护作用的主要原因,是人工用材林树种组成单一、树种年龄结构单一、林分结构单一、林下生物多样性低。

针对上述问题的成因,以落叶松人工用材林为

例,实施了人工诱导落叶松人工林形成针阔混交林试验,以达到既能生产木材,又能发挥其生态保护作用的双重目标。通过对现有落叶松人工林的分布模式调查发现,对于有天然阔叶树种种源的人工林,改善天然林阔叶树种在人工林内的种子传播/扩散、种子萌发、幼苗成活和幼树生长条件,即可实现人工纯林向针阔混交林方向发展。具体试验结果表明:通过间伐,增加林分开阔度或形成林窗,或者通过改变人工林栽植方式,如将人工林栽植在阔叶天然林所在的下坡位,均可以增加毗邻阔叶天然林树种种子(如蒙古栎、胡桃楸、花曲柳、水曲柳和色木槭等)进入人工林的机会,促进阔叶树种更新,最终将落叶松人工纯林诱导形成落叶松-阔叶树混交林。对于已形成的落叶松-阔叶树混交林的涵养水源功能(以水质为例)监测结果表明,引进阔叶树后可显著改善水质。为此,我们提出了人工纯林诱导形成多树种混交林的营林方案,为达到木材生产与生态保护双赢目标提供技术支撑。

后续的试验研究工作正在进行,希望未来能有更多科研工作者、环境保护者和生产实践者走近人工林,为人工林的持续利用和发展尽一份力量。

[本文相关研究工作受到国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(No. 2012CB416900)资助]

- [1] Chen F S, Niklas K J, Liu Y, et al. Nitrogen and phosphorus additions alter nutrient dynamics but not resorption efficiencies of chinese fir leaves and twigs differing in age. *Tree Physiology*, 2015, 35: 1106-1117.
- [2] Dong T F, Li J Y, Zhang Y B, et al. Partial shading of lateral branches affects growth, and foliage nitrogen- and water-use efficiencies in the conifer *Cunninghamia lanceolata* growing in a warm monsoon climate. *Tree Physiology*, 2015, 35: 632-643.
- [3] Gang Q, Yan Q L, Zhu J J. Effects of thinning on early seed regeneration of two broadleaved tree species in larch plantations: implication for inducing pure larch plantations into larch-broadleaved mixed forests. *Forestry*, 2015, 88 (5): 573-585.
- [4] Wang Q K, Wang S L, Zhong M C. Ecosystem carbon storage and soil organic carbon stability in pure and mixed stands of *Cunninghamia lanceolata* and *Michelia macclurei*. *Plant and Soil*, 2013, 370: 295-304.
- [5] Yang K, Shi W, Zhu J J. The impact of secondary forests conversion into larch plantations on soil chemical and microbiological properties. *Plant and Soil*, 2012, 368: 535-546.
- [6] Yang K, Zhu J J. The effects of N and P additions on soil microbial properties in paired stands of temperate secondary forests and adjacent larch plantations in Northeast China. *Soil Biology and Biochemistry*, 2015, 90: 80-86.
- [7] Yan Q L, Zhu J J, Gang Q. Comparison of spatial patterns of soil seed banks between larch plantations and adjacent secondary forests in Northeast China: implication for spatial distribution of larch plantations. *Trees - Structure and Function*, 2013, 27(6): 1747-1754.
- [8] Zhu J J, Zhang G Q, Wang G G, et al. On the size of forest gaps: can their lower and upper limits be objectively defined? *Agricultural and Forest Meteorology*, 2015, 213: 64-76.

关键词: 人工林 天然林 地力衰退 生态服务功能  
生产力 结构调控