

中国林木遗传资源利用与可持续经营状况

李 斌¹, 郑勇奇¹, 林富荣¹, 李文英²

(¹林木遗传育种国家重点实验室/中国林业科学研究院林业研究所/国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091;

²中国林业科学研究院林业新技术研究所, 北京 100091)

摘要: 中国经过遗传改良的重要造林树种有 100 多种, 全国年均提供各类林木种子 2300 万 kg, 年均生产各类良种壮苗约 130 亿株。林木良种在生产上的应用产生了明显的综合增益, 其中用材林平均生长增益达 10%~30%, 经济林平均产量增益达 15%~68%。中国每年进口林木种子 15 万 kg 以上, 涉及 50 多个树种; 每年出口林木种子 30 万 kg 和苗木 400 多种。近 10 年来, 中国林木遗传资源的可持续经营和利用已取得了明显的进步, 但与一些发达国家相比还存在一定差距。今后, 应优先考虑对已保存的林木遗传资源的维护和资金补贴, 加强种苗市场监管和信息服务, 进一步提高林木良种的基地供种率和良种使用率。

关键词: 遗传资源; 遗传改良; 综合增益; 可持续经营和利用

The State of Utilization and Sustainable Management of Forest Genetic Resources of China

LI Bin¹, ZHENG Yong-qi¹, LIN Fu-rong¹, LI Wen-ying²

(¹State Key Laboratory of Tree Breeding and Forest Genetics/ Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry / State Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation of State Forestry Administration, Beijing 100091;

²Institute of Forestry New Technology, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

Abstract: Genetic improvement programs have been carried out for more than 100 forest tree species in China. China produces an average of 23 million kg seeds of various tree species and more than 13 billion qualified young plant stocks. Significant gains have been achieved due to the use of genetically improved plant materials in plantations, achieving an average growth gain of 10%-30% for timber trees and an average yield gain of 15%-68% for fruit trees. China imports more than 150,000 kg tree seeds annually, involving more than 50 species and exports 300,000 kg tree seeds and plant stocks of over 400 species annually. In the past 10 years, China has made significant progress in sustainable management and utilization of FGR, future priority should be given to the maintenance and capital subsidy to the conserved FGR, strengthening supervision of seed market and information services, and further enhancing the supply and use of genetically improved seeds.

Key words: genetic resource; genetic improvement; comprehensive gains; sustainable management and utilization

林木遗传资源是可再生资源, 是生物多样性资源的重要组成部分^[1], 更是林木育种研究的基础材料, 对其进行科学合理的经营和利用, 在保障农林业生产可持续发展、促进生态稳定、选育新品种、缓解贫困以及保障粮食安全等方面具有重要意义。

1 林木遗传资源的经营与利用

1.1 林木遗传资源的利用

林木遗传资源保存的最终目的是利用, 为社会经济发展带来经济、生态和社会等多种效益。特别

收稿日期: 2013-12-11 修回日期: 2014-01-19 网络出版日期: 2014-10-16

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20141016.1415.004.html>

基金项目: “十二五”科技支撑项目(2013BA001B06); 中国林木遗传资源状况国家报告专项资金

第一作者长期从事林木遗传资源保存、评价和利用研究

通信作者: 郑勇奇, 长期从事林木遗传资源保存、评价和利用研究。E-mail: zhengyq@caf.ac.cn

是无性繁殖技术的研究开发,解决了一些树种种群数量少、繁殖困难等瓶颈问题。开展了繁殖技术研究及利用的珍稀濒危树种主要包括鹅掌楸、红豆杉、珙桐、连香树、香果树、百山祖冷杉、银杉等 100 多个。繁殖技术的突破,使濒危树种的种群规模得以不断扩大,可以为开发利用直接提供所需的植物材料,缓解天然资源面临的压力,促进濒危树种遗传资源的保护与保存。

对具有重要经济价值和优良性状的林木遗传资源,包括审(认)定的林木良种、新品种以及地方品种、优良繁殖材料等,通过建立采种基地(seed base)、良种基地(breeding base)等提供优良种苗和繁殖材料,进行推广利用,其中良种基地包括母树林(seed stand)、种子园(seed orchard)、采穗圃(cutting orchard)、试验示范林(test demonstration forest)4类。

截至 2011 年,已建立良种基地共 58.16 万 hm^2 ,其中,种子园 4.88 万 hm^2 ,采穗圃 1.46 万 hm^2 ,各种试验示范林 22.21 万 hm^2 ,母树林 29.60 万 hm^2 ;建立采种基地共 27.28 万 hm^2 ;截至 2011 年,建立的各种苗圃面积达 76.9 万 hm^2 。

2001-2010 年,采穗圃和无性系繁殖圃每年平均生产穗条分别为 6.35 亿根和 12 亿根,2001-2011 年,平均年生产各类良种壮苗 135 亿株,2001-2012 年,每年采种基地林木种子采收量平均 9374.55 t,种子园 694.09 t,母树林 1791.09 t,采穗圃穗条 7.8155 亿根,无性系繁殖圃穗条 11.5764 亿根,良种壮苗总产量 138.7 亿株(表 1)。主要应用于短周期速生丰产工业林、经济林、造纸原料林、特用林以及其他工程造林项目。用材林良种平均生长增益达 10% 以上,经济林良种平均产量增益达 15% 以上。

表 1 2001-2012 年林木良种生产经营产量一览表

Table 1 List of production amount of improved forest tree varieties from 2001 to 2012

| 年份 Year | 采种基地生产种子 (t) Seeds by seed base | 良种基地 Breeding base | | | | 良种壮苗产量 (十亿苗) Number of strong seedling |
|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---|--|
| | | 种子园种子 (t) Seeds by seed orchard | 母树林种子 (t) Seeds by seed stand | 采穗圃穗条 (百万条) Cuttings by cutting orchard | 无性系繁殖圃穗条 (百万条) Cutting by clone propagation field | |
| 2012 | 27831 | - | - | - | - | - |
| 2011 | 18254 | 550 | 3020 | 2250 | 730 | 16.8 |
| 2010 | 6460 | 620 | 1290 | 1190 | 660 | 13.1 |
| 2009 | 5910 | 790 | 1780 | 770 | 550 | 12.5 |
| 2008 | 9620 | 990 | 2280 | 610 | 380 | 12.5 |
| 2007 | 12120 | 360 | 1660 | 250 | 830 | 13.3 |
| 2006 | 10290 | 360 | 1330 | 300 | 1500 | 12.4 |
| 2005 | 11860 | 530 | 2050 | 200 | 1800 | 13.9 |
| 2004 | 11250 | 360 | 1540 | 400 | 2400 | 13.5 |
| 2003 | 9480 | 1560 | 1990 | 1400 | 300 | 16.8 |
| 2002 | 8490 | 1038 | 1292 | 1200 | 3500 | |
| 2001 | 7580 | 477 | 1470 | 27 | 84 | |
| 平均 Mean | 9374.55 | 694.09 | 1791.09 | 781.55 | 1157.64 | 13.87 |

数据来源:2001-2011 年中国林业统计年鉴,经查证,2012 年有关数据未统计

Source of data: China forestry statistical yearbook in 2001-2011, part of data were not counted in 2012

1.2 限制因素

对于保存的遗传资源,限制其利用的主要因素包括:(1)生产周期长、成本高。被保存的遗传资源(包括良种)的种子或穗条生产成本较大,获得成本高,导致需求减少。(2)优良林木遗传材料供给不足。繁育技术落后、繁育设施简单,良种质量和数量

不能满足大规模推广利用的需要。一些珍稀树种具有很高的经济价值,开发利用的效益巨大,但由于资源量极少,而繁育技术不过关或生产规模小,不能满足开发利用的需求。(3)惠益分享机制有待建立和完善。缺乏遗传资源相关的知识产权保护政策和规章,遗传资源保存单位和开发利用者之间缺乏有效

的责权利分配机制,导致资源保存单位得不到开发利用的效益,而开发利用者难以获得保存资源的使用权。(4)林木遗传资源的可持续经营与利用依赖于评价、新技术及传统知识的积累。目前关于林木遗传资源的评价、新技术的应用以及林木遗传资源传统知识的了解还很缺乏,需要建立林木遗传资源可持续利用和管理所需的信息库,提高公众对林木遗传资源的认识,加强林木遗传资源评价,促进新技术在林木遗传资源可持续经营与利用中的作用。

2 育种与遗传改良

从20世纪80年代初开始,中国对主要造林树种开展了系统的遗传改良研究,据作者统计已有100多个树种(属)进行了种源试验和遗传育种,包括杉木、松树、落叶松、杨树、柳树、桉树等针阔叶用材树种,鹅掌楸、玉兰等观赏树种,核桃、油茶等木本粮油树种,沙棘、柠条、梭梭等生态树种,油桐、麻枫树等生物质能源树种以及竹类、棕榈藤等。此外,还开展了国外重要树种的引种栽培试验,成功引种桉树类、国外松、相思类等一批外来树种,增加了中国用材、绿化树种种类。

2.1 育种技术

2.1.1 种源、家系和优树选择 据统计,中国已对杉木、马尾松、油松、华山松、红松、白皮松、云南松、湿地松、火炬松、樟子松、日本落叶松、长白落叶松、兴安落叶松、华北落叶松、加勒比松、马占相思、厚荚相思、木麻黄、白桦、西南桦、鹅掌楸、桉木、刺槐、尾叶桉、巨桉、云杉、楸树、毛白杨、美洲黑杨、青杨、山杨、旱柳、垂柳、毛竹、火力楠、檫木、苦槠、秃杉、银杏、香椿、臭椿、白榆、毛泡桐、白花泡桐、兰考泡桐、皂荚、苦楝、蒙古栎、栓皮栎等300个以上重要的造林树种开展了优树选择、种源试验、子代测定或无性系测定,筛选出大批优良种源、家系和单株,为这些树种的遗传改良奠定坚实基础。其中杉木进行了3次大规模种源试验,参试种源200多个,根据试验结果研制了《全国杉木种子区标准》,划分了9个杉木种源区^[2],选育出一批高产稳产的优良种源,实现材积平均遗传增益16.14%。马尾松建立了全分布区的种源试验网点,试验点达28个,参试种源达142个,根据试验结果划分了马尾松种源区(3带6区),选育出一批优良种源^[3-4],并在全国范围内推广造林,材积增益15%以上。

2.1.2 杂交育种 中国开展了系统的、有计划的杂交育种,对杨树、柳树、松树、落叶松、鹅掌楸、池杉、

柳杉、落羽杉等树种(属)进行了大量的种间、种内杂种组合试验,选育出了一大批优良杂种子代,包括杂种杨、杂种柳、杂种松、杂种鹅掌楸、东方杉、中山杉等,杂种优势明显,如杂种鹅掌楸,生长比亲本快,抗性更强^[5]。

2.1.3 无性系选育 中国对重要的造林树种、经济树种和园林观赏树种进行了无性系选育技术的研究,对杨树、柳树、杉木、桉树、刺槐、白榆、落叶松、油松、鹅掌楸、沙棘、国槐、银杏等树种进行了大规模的无性系选育研究,选育出一批优良无性系,如毛白杨的三毛杨系列^[6]、杉木的开杉系列等,平均遗传增益达20%~50%。建立了杉木、马尾松、毛白杨等树种多地点的无性系采穗圃,进行推广、利用,营建无性系人工林,为工业用材林的发展作出了巨大贡献。

2.1.4 生物技术 在细胞工程研究方面,开展了落叶松、杨树、鹅掌楸、落叶松、黑荆等树种的体细胞胚胎发生、耐盐体细胞突变体筛选等研究^[7-8],其中鹅掌楸体细胞胚胎发生技术已在生产上进行规模化应用。建立了群众杨39号悬浮细胞系,获得群众杨39号耐盐体细胞变异体植株,开始大田试验和分子检测^[9-10]。在基因工程方面,毒蛋白基因Bt抗虫基因成功转入杨树遗传材料,不仅获得了大量转化苗,而且已经进行多年大田试验^[11-12]。另外,还开展了木质素改良、抗逆基因和固氮基因等转化试验、遗传图谱绘制、QTL数量性状基因定位以及DNA指纹图谱鉴定品种等大量工作,此外多基因共转化技术也在杨树上取得了显著进展^[13]。

2.2 种子园建设

据笔者统计,截至2010年,全国已建立了各类种子园1.96万hm²以上,其中面积较大的有樟子松、兴安落叶松种子园等。以初级种子园为基础,结合子代测定试验,去劣留优,改建成了1.5代种子园。早期建立的初级种子园大部分已改建为1.5代种子园,有的经过子代选优重建了第2代种子园,如马尾松^[14]。福建等地已建立了或正在着手建立杉木的第3代种子园^[15],黑龙江等地建立了白桦等树种的大棚种子园^[16]。

3 繁殖材料的利用、管理和供求

3.1 林木良种的管理与推广

1997年原林业部颁布了《林木良种使用管理办法》,制订了林木良种审(认)定制度,截至2013年,已经审(认)定的全国各级林木良种4784个,国家

级林木良种 311 个。根据管理办法,通过扩大繁育、试验示范、培训、指导以及咨询服务等,将通过审(认)定的优良种源、家系、无性系、地方品种等林木良种应用到各类造林项目中,取得了显著效果。在国家造林项目中,大力推广林木良种和优良遗传资源,到 2010 年,国家造林项目中良种使用率和基地供种率都较 10 年前有了较大幅度的提高。

3.2 繁殖材料的国际贸易

林木种苗经营单位、林业科研机构、大专院校、城建园林机构等开展林木种子和无性繁殖材料的国际交换利用活动。中国每年进口 50 多个树种的林木种子^[17],重量达 15 万 kg 以上,苗木数 10 万株,主要有雪松、加勒比松、鹅掌楸、桉树、相思等。已与欧洲、美洲、亚洲等 30 多个国家 100 余家林木种苗企业和非营利性机构建立了合作关系,每年出口林木种苗 400 多种^[17],林木种子 30 万 kg 以上,苗木数百万株,包括银杏、国槐、落叶松、白皮松等。

3.3 林木良种的商业化应用

目前,各类林木良种均在不同程度上进行了商业化应用,其中,商业化应用规模较大的良种有湘林系列油茶、三倍体毛白杨、中山杉、金叶国槐、桐棉马尾松等。中国要求国家重大林业工程项目造林必须使用良种材料,促进了良种的商业化应用。但也有一些良种材料由于使用成本较高,或应用地域较窄,限制了其流通和应用。

4 主要问题、需求与拟采取的措施

4.1 主要问题与需求

王述民等^[18-19]报道,中国在粮食和农业植物遗传资源保护和利用方面取得了显著成绩,但还面临许多挑战,需要进一步提高资源利用效率。林木也是如此,林木遗传资源可持续经营与利用方面存在如下问题与需求。

(1) 林木种子是国家林业建设的基础和保障,是传承林木遗传基因、促进森林世代繁衍的载体。根据国家发展战略和现代林业发展的需求,林木种子生产供应由数量保障型向质量效益型转变成为必然。但林木遗传资源利用相对滞后、林木良种基地建设投入不稳定;种子园、母树林等种子产量不高;种子园、母树林大多处于第 1 代水平,遗传品质不高。需要在巩固和提高现有林木种子建设的基础上,按照林木遗传育种学规律和长期育种策略,科学布局 and 加强良种基地建设与管理,规划适度的良种基地规模,重点提高种子园、母树林的产量和质量,

加大林木种子行政执法对种苗生产、流通过程的监管,建立规范化、法制化的种子供应体系。

(2) 良种选育目标缺乏多样性,树木改良活动仅限于少数具有经济价值的树种,缺乏应对气候变化等方面的良种选育;育种科研成果转化还缺乏有效的激励机制,不能充分调动良种选育者、生产者和使用者的积极性。而且,我国面临加入国际植物新品种保护联盟(UPOV)1991 年文本的压力,努力发展我国具有自主知识产权的品种,加强乡土树种的栽培驯化和育种是当务之急。需要在国家和地区层面确定重点树种,制定和加强树木育种、驯化和生物勘探研究计划,以全面发掘林木遗传资源的潜力,需要建立多目标长期育种机制,制定政府、科研单位、企业三方共同参与良种经营和利用的激励政策。

(3) 入侵物种被视为林木遗传资源的主要威胁,它们有能力入侵天然和(或)略受干扰的林地,并占据主导,通常会改变整个生态系统和树种组成。随着气候变化的影响日益显著,植物材料跨国和跨洲转移更为迅速。需要防止林木有害生物和疾病可能对森林和树木产生的严重威胁。

(4) 南方荒山基本已灭,可增加的造林地有限,在良种生产问题上,重点是要提高质量而不是规模,从 2012 年国家林业局统计年鉴公布的数据看,对良种基地生产种子数量等数据已经不再关注。对于良种生产,政府干预的范围和力度超过了弥补“市场失灵”和维持市场机制正常运行的合理需要,结果抑制了市场机制的正常运作。目前这种政府过度干预的模式,可能不适合未来的政府职能改革和市场化趋势。

(5) 中国林木良种选育推广体系、林木种苗生产供应体系、林木种苗行政执法体系和林木种苗社会化服务体系还不够健全。需要构建比较完备的林木良种的选育、推广、供应、执法和社会化服务体系。

4.2 拟采取的措施

(1) 加强林木良种选育研究,提高造林材料的品质;建立和完善优异种质创新、新品种选育和规模化繁育体系,高效、有序地开展林木良种选育推广工作;完善国家级和省级林木品种审定制度和审(认)定体系;调整良种基地规模,提高良种遗传品质;加强现代育种技术在常规育种中的有效利用,创新优良遗传材料,提高优良材料的数量和质量;在造林中鼓励使用高品质良种种子和苗木,进一步提高林木良种使用率。

(2)强化遗传资源可持续经营利用,支持种苗企业创新与发展,鼓励个人和企业对林木良种的研发投入,促进良种选育者、生产者 and 使用者形成有效的利益共同体。

(3)加强林木种苗法制建设,加大林木种苗行政执法力度,加强林木种苗执法和质量检测能力建设;加强林木种子标准的制修订工作;加强林木种子鉴别与质量检测方法研究。

(4)实行林木种子生产基地分级分类建设和管理,全面建成以国家林木良种基地为骨干、省级重点良种基地为基础的林木种子生产供应体系;加强种子储备,建立林木种苗生产供应应急机制。

(5)针对气候变化改善林木遗传资源的保护和可持续利用,通过开发和利用合适的遗传材料促进林木遗传资源对环境可持续性的贡献;增加造林材料的多样性,采用多树种、多品系的造林材料,并采用混交造林模式和轮作栽培;加强天然林保护和经营,对气候变化敏感树种采取相应保护措施。

(6)对外来树种生物入侵进行评价,加强外来树种管理。采用外来树种生物入侵风险评价体系系统地对外来树种开展生物入侵风险评估,对外来树种的生物入侵划分不同的风险等级,并制定相应的管理措施,构建我国外来树种生物入侵风险管理数据库,加强外来树种数据库和信息系统管理,对外来树种的引种和应用给予管理和引导,从而达到科学地宏观地管理外来树种。

(7)林木良种的选育和生产周期长、投入大、成本高,良种建设重在社会效益,政府要给予大力扶持,并培育和监管市场,减少对生产的直接干预。要实行种苗基地建设用地优先制度;建立起良种储备和种苗风险金制度;对所有种子基地、种质资源保护区、试验林实行生态补偿制度;对引、选出来的新品种、优良家系、无性系依法实行专利保护制度;对生产使用的良种,实行良种补贴政策,调动良种生产者和推广、使用者的积极性;将良种和新品种进行协调、整合、一体化。

(8)建立林木遗传多样性评估、特征描述和监测体系,并对我国重要树种开展遗传评估,依托现有的国家林木种质资源平台,建设国家林木遗传资源

数据库和信息管理系统,实现遗传资源的智能、高效管理,从而为遗传资源共享利用和树种驯化、改良、品种选育提供服务。

(9)加强对林木种质资源进行评价,有利于发掘和利用林木优良遗传性状,促进林木品种选育与改良。除了传统的标记方法如形态标记、细胞学标记、生化标记可广泛应用到林木种质资源评价中,可进一步加强分子标记、高通量测序、林木遗传图谱、分子辅助育种、关联分析等新技术用于林木种质资源评价和发掘。

参考文献

- [1] 顾万春. 中国林木种质资源保存、研究与对策[C]. 中国生物多样性保护与研究进展——第五届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集,北京:2002,93-105
- [2] 洪菊生. 杉木种源区划分研究[J]. 林业科学研究,1994,7(专刊):130-146
- [3] 周志春,傅玉狮,吴天林. 马尾松生长和材性的地理遗传变异及最优种源区的划定[J]. 林业科学研究,1993,5:556-564
- [4] 梁一池,邢建宏,刘希华,等. 25年生马尾松种源遗传变异及选择研究[J]. 三明学院学报,2007,24(2):121-126
- [5] 焦江洪,禹明甫,王华荣,等. 3种鹅掌楸引种的比较[J]. 安徽农业科学,2007,35(1):96-97
- [6] 李彦春. 朱之梯五年树木 三毛杨挑战洋纸[J]. 中国经济快讯,2002,16:34
- [7] 桂腾琴. 落叶松体细胞胚胎发生的研究进展[J]. 黔东南民族师范高等专科学校学报,2006(3):91-94
- [8] 王雪婧,罗建勋,石大兴. 林木体细胞发生研究进展[J]. 四川林业科技,2007,28(2):24-28
- [9] 张绮纹,张望东,群众杨. 39无性系耐盐悬浮细胞系的建立和体细胞变异体完整植株的诱导[J]. 林业科学研究,1995,8(4):395-401
- [10] 李金花,苏晓华,张绮纹. 细胞工程育种——林木耐盐体细胞突变体育种研究进展[J]. 世界林业研究,1997(6):15-20
- [11] 崔洪志,郭三堆. Bt毒蛋白抗虫植物基因工程研究[J]. 农业生物技术学报,1998,6(2):166-172
- [12] 张汉尧,刘小珍,杨宇明. 植物抗虫基因工程研究进展[J]. 河南农业科学,2005(3):11-15
- [13] 纪丽丽. 杨树基因枪多基因共转化研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2004
- [14] 张国洲,谢维斌. 我国马尾松种子园研究进展[J]. 安徽农业大学学报,2012,40(2):76-82
- [15] 谢汝根. 杉木第三代种子园营建技术初探[J]. 林业科技开发,2010(1):15-21
- [16] 于洪芝,姜兴林,李长河,等. 大兴安岭地区白桦强化种子园建设及白桦容器苗培育[J]. 防护林科技,2007(4):5-6
- [17] 顾万春. 中国种业大观·林业卷[M]. 北京:中国农业科技出版社,2001:159
- [18] 王述民,李立会,黎裕,等. 中国粮食和农业植物遗传资源状况报告(I)[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(1):1-12
- [19] 王述民,李立会,黎裕,等. 中国粮食和农业植物遗传资源状况报告(II)[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(2):167-177