

人工林 地力的衰退与维护

张鼎华 著



中国林业出版社

人工林地力的衰退与维护

张鼎华 著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

人工林地力的衰退与维护/张鼎华著. —北京: 中国林业出版社,
2001. 9

ISBN 7-5038-2821-8

I. 人… II. 张… III. 人工林-森林土-土壤肥力-水土保持
IV. S714.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 041957 号

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话: 66184477

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京地质印刷厂

版次 2001 年 9 月第 1 版

印次 2001 年 9 月第 1 次

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 13.75

字数 380 千字

印数 1~500 册

定价 30.00 元

近 50 年来,世界人工林的面积在不断扩大,与此同时,人工林轮伐期在不断缩短。在长期的经营中,人工林地力的衰退以及同树种多代连作生产力持续下降的现象引起了世界各国林学家的关注,因此,人工林地力的维护和林地生产力的持续性问题就成为人们研究的焦点。

我国是世界上发展人工林最为突出的国家,人工林面积居世界首位。根据 2000 年 6 月公布的全国第五次森林资源清查统计,我国现有森林面积 15 894.1 万公顷,森林覆盖率 16.55%。人工林面积 4 666.7 万公顷(除台湾省外),占我国现有森林面积的 29.36%。根据多年来的调查,人工林存在着较为严重的地力衰退问题,如我国南方的杉木、马尾松、桉树林,北方的杨树、落叶松、刺槐林等均不同程度地存在着林地土壤退化、生产力持续下降的趋势。特别是南方的杉木人工林,由于经营的历史长,又常多代连作,地力衰退的问题更为突出。因此如何防止地力衰退,维护人工林地力,是涉及到占我国现有森林面积 29.36% 的人工林能否永续经营、永续利用,并维持持续高生产力的问题,也是关系到我国国土整治、环境保护的问题,故引起了广大森林生态和森林培育工作者的高度关注。近一二十年来,全球众多的森林生态、森林培育、森林土壤等学科的研究者对人工林地力衰退的原因、机制以及地力维护的方式、方法做了大量的研究和探讨。中国林学会森林生态学会于 1991 年召开了“人工林土壤退化及防治技术学术讨论会”,这是我国有关地力衰退问题的第一次学术讨论会,标志着我国对地力衰退问题的研究已有了一个良好的开端,从这以后,我国有关地力衰退和维护问题的研究有了一个较大的发展。

本书是笔者 1981~2000 年对人工林地力衰退和维护问题进行长期定点、定位观察、分析的研究结果。该书对涉及人工林地力衰退与维护的许多营林措施,如皆伐、炼山、整地、幼林抚育、间伐以及人工林在长期的生长过程中对林地土壤肥力的影响进行了研究,取得了大量的第一手观察、分析资料和数据,揭示了造成人工林地力衰退的原因。并在此基础上,进行植物自身毒素的研究和试验以及人工林地力维护的各种方式方法的应用,取得了较为良好的效果。

本书按照研究内容的性质和循序渐进分为 4 个部分:第一部分为人工林对土壤地力的影响,该部分研究论述了人工林经营过程中各种营林措施对人工林地力的影响,如皆伐后林地土壤肥力的变化;皆伐、炼山对林地土壤养分迁移的影响;人工林不同抚育方法对林地土壤肥力的影响;人工林林分郁闭后在长期的生长中对林地土壤肥力的影响等。第二部分为人工林地力衰退实质的研究,该部分研究了中国 11 个主要造林树种植物自身毒素累积和消除的机制以及 5 个南方主要造林树种间伐对林地土壤肥力的影响,揭示了人工林林分太“纯”,生物多样性低下,以至造成植物自身毒素的累积是引起地力衰退的实质。第三部分为人工林地力

的维护,该部分研究论述了混农林业、混交、轮栽、休闲、林分密度控制以及“近自然林业”经营法对林地土壤肥力的影响,并分析阐述了上述几种地力维护经营措施在维护林地土壤肥力方面的实质所在。第四部分为林木栽培制度的建立,该部分指出:至今为止,我国还没有一部完整、规范的林木栽培制度,而制定科学、完整的林木栽培制度是保证用地和养地相结合、维护土壤肥力、科学经营森林、保护生态环境的关键。

从目前我国对人工林地力衰退和维护问题的研究来看,研究的树种还较少,就是有关杉木的研究也是较为初步的成果,还有待于继续深入研究。人工林地力衰退及防治技术研究,需要有专门的、长期的、综合的试验和研究才能奏效,本书在这方面做了笔者自认为比较有成效的尝试。笔者祈望借助该书的出版发行,能够得到更多学者以及领导对人工林地力衰退和维护问题的关注,从而能够得到更多的支持,以推动这方面研究工作的进一步进行,为我国营造速生、丰产的人工林,维护土壤肥力,可持续地经营人工林,维护生态环境做一些有益的工作,如能做到这一点,笔者将倍感欣慰。

对书中所提出的一些新观点、新看法,笔者真诚地欢迎各位读者共同讨论,提出批评和建议,目的只有一个:为了我国林业的发展,也为了我国生态环境的建设,让大家享有一个共同、美好的家园。

在长期的试验、研究、分析过程中,得到了福建省松溪县林业委员会叶章发工程师、范必有工程师、危廷林工程师,福建省林业科学研究院李宝福工程师,福建林学院章浩白教授的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中错误之处在所难免,笔者诚挚地希望各位专家、学者不吝指教。

张鼎华

2000年12月

人工林地力的衰退与维护是一世界性的问题。

对人工林地力的衰退和维护进行了近 20 年的定位试验观察和分析研究, 结果如下:

1. 人工林经营过程中一些不合理的经营措施是导致人工林地力衰退的主要原因, 如在南方杉木人工林经营过程中, 皆伐、炼山、不合理的整地、高强度的松土除草等, 以 0~10cm 土层土壤为例, 从炼山至林分郁闭, 土壤有机质损失 38.28%、全氮损失 49.30%、全磷损失 23.19%、全钾损失 21.52%。

2. 在长达 18 年的定位试验观察中, 包括杉木在内的几种针叶和阔叶人工纯林(杉木、楠木、樟、木荷、建柏)的土壤养分并非“入不敷出”。在林分郁闭后, 5 种人工纯林土壤有机质、全氮、全磷、全钾等含量均得到了累积和提高。

3. 虽然杉木、楠木、樟、木荷、建柏人工纯林在林分郁闭后提高了土壤养分含量、改善了土壤物理性质、增加了盐基总量和盐基饱和度, 但土壤酸度增大, 土壤微生物数量减少、土壤酶活性降低, 土壤总呼吸强度降低, 土壤生物活性下降。

4. 10 个福建省主要造林树种和 1 个北方主要造林树种(杉木、马尾松、建柏、柳杉、楠木、木荷、樟、火力楠、油茶、檫和刺槐)的根际微生物和根际微生物分解枯枝落叶的产物以及 10 个福建省主要造林树种(树种同上)的新鲜枝叶提取物均对各树种自身种子的萌发生长起抑制作用。加入其它树种根际微生物能部分或全部消除各树种根际微生物和根际微生物分解枯枝落叶的产物对各树种自身种子萌发生长的抑制作用, 抑制作用被消除的程度与树种之间的种间亲缘关系有关, 亲缘关系越近, 消除的程度越小; 亲缘关系越远, 消除的程度越大。

5. 用 10 个福建省主要造林树种(树种同上)成年林分下土壤培育各主要造林树种自身幼苗, 其结果均表现出对自身苗木生长的抑制作用, 表明各土壤中累积有自身毒素, 当加入其它树种成年林分下土壤后这种抑制作用可部分或全部被抵消, 抑制作用被抵消的程度与树种之间的种间亲缘关系有关, 亲缘关系越近, 消除的程度越小; 亲缘关系越远, 消除的程度越大。

6. 间伐能有效提高林下植被的生物量和多样性, 并由此而提高林下土壤微生物的数量和种类的多样性, 增强土壤生物活性、降低土壤毒素的累积, 改善土壤理化性能和交换性能。

7. 人工林地力衰退的实质是林分太“纯”引起土壤微生物数量和种类多样性的低下, 土壤生物活性下降, 从而导致林分枯落物降解和根际微生物代谢过程中自身毒素的累积。无论是人工针叶纯林, 还是人工阔叶纯林均是如此。

从上述结果可导出以下两个规律:

①在植物界中，任一种类在其自身生长发育过程中都会给自身生长的环境造成不利的影响。这种不利影响的消除只有通过地上部分的植物多样性引起地下部分微生物群落和种类的多样性，使能量合理流动、物质循环畅通来达到。

②以多样性换取稳定性，以稳定性获取持续性。在此过程中，多样性是关键，生态系统的缓冲性、异质性、培肥性、抵御性、稳定性和持续性均寓于多样性之中。

8. 人工林地力维护和提高的实质在于经常不断地保持林地上植物种类的多样性和较高的林下植被覆盖度，并由此而诱发土壤微生物群落和种类的多样性，减少和消除毒素累积，促进生物积累，培肥土壤，维护和提高地力。

9. 建立完善的林木栽培制度是维护林地生产力的手段。合理的种植制度如混农林业、混交、轮作、休闲、近自然林业经营法等和适宜的土壤耕作制度如禁止炼山和减少整地挖穴时的破土面积以及避免强度松土除草等都是维护和提高地力的良好途径。

Abstract

Soil degradation and its improvement for timber plantation is a universal question.

This paper took nearly twenty years to conduct a long, stationary experiment and research on the soil degradation and its improvement for timber plantation, the results are as follows:

1. Unreasonable management methods during timber plantation management are main causes of soil degradation such as clear cutting, prescribed burning, undue ploughing for site preparation and excessive intension for loosening soil and clearing weed, etc. in the management of *Cunninghamia lanceolata* plantation in Southern China. Take 0~10cm layer soil as example, from prescribed burning to the crown closure of *Cunninghamia lanceolata* forest stand, the contents of soil organic C, soil total N, soil total P and soil total K respectively reduced 38.28%, 49.30%, 23.19% and 21.52%.

2. 5 timber plantation including *Cunninghamia lanceolata* plantation (the others are *Phoebe bournei*, *Cinnamomum camphora*, *Schima superba* and *Fokienia hodginsii*) can keep nutrient balances in soils after crown closure of the forest stands, which exported from and imported into the timber plantations. Stationary experiments and observations in 18 years indicates that the contents of organic C, total N, total P, and total K in the soils of 5 timber plantations have increased.

3. Although the contents of nutrients in the soils of 5 timber plantations have increased, the physical properties improved, the base content and base saturation degree raised after crown closure of the forest stands, yet, meanwhile, the soil acidity increased and the soil biological activity reduced.

4. Metabolites of rhizospheric microorganism, litter catabolites by rhizospheric microorganism and extractions from fresh twigs and leaves of 10 main afforesting species in Fujian province (*Cunninghamia lanceolata*, *Pinus massoniana*, *Fokienia hodginsii*, *Cryptomeria fortunei*, *Phoebe bournei*, *Schima superba*, *Cinnamomum camphora*, *Michelia macclurei*, *Camellia oleifera* and *Sassafras tzumu*) and 1 main afforesting species in Northern China (*Robinia pseudoacacia*) all inhibited the germinations and growths of their own seeds. When one rhizospheric microorganism were mixed with the other rhizospheric microorganism, the inhibitions of Metabolites of rhizospheric microorganism, litter catabolites by rhizospheric microorganism can be partly or completely removed. The degree

of inhibition removal is related to the genetic relationship between the species. The species with close relationship had a low degree of inhibition removal. Combinations with distant relationship had high degree removal of inhibition.

5. In all 10 major forest species in Fujian province (species as above) soil collected from adult pure forest stands were used to cultivate their own seedlings. Results indicated that soil collected from adult pure forest stands inhibited the growth of their own seedlings in all ten forest species. There is self-generated toxin accumulation in single species pure forest and adding soil of other species can remove the toxin accumulation. Same as described before, The degree of inhibition removal is related to the genetic relationship between the species. Species combined in distant relationship had effective inhibition removal. The species with close relationship had a low degree of inhibition removal.

6. Thinning cutting can effectively increase the biomasses and diversities of The vegetations under forest stands, and so increase the diversities of communities and species of soil microbes, raise soil biological activities, reduce the contents of soil autotoxins and improve soil physical, chemical and exchangeable properties.

7. The substance of soil degradation of artificial pure forest is that the species composition of forest stand is too "pure", thus causing the reductions of quantities, species diversities of soil microbes and soil biological activities, and the autotoxic accumulation during the process of litter decomposition and rhizospheric microorganism metabolism. Both artificial coniferous pure forest and artificial broad-leaved pure forest are like that.

Based on the above results the following two laws can be derived:

① In plant world, the growth and development of any plant species could have negative effect on its growth and regeneration. The removal of the negative effect can be achieved via the biodiversity of plants above the ground, which introduces the diversity of microorganism population and species under the ground, in that balanced energy flow and regulated material cycling.

② Get stability from diversity, obtain sustainability via stability. The buffer capacity, heterogeneity, fertilizability, resistivity, stability and sustainability of ecological system all reside in diversity.

8. The substance that maintain and raise soil productivity of timber plantation lies in continuously keeping vegetal species diversity and high vegetational cover degree under forest stand, inducing the diversities of soil microbial community and species, decreasing and removing antotoxic accumulation, improving biological cycle and fertilizing soil.

9. To establish a perfect silviculture system is the means of maintaining and raising soil productivity of timber plantation. Reasonable planting system such as agroforestry, mixture, rotation, fallow and nature-approximating forestry and appropriate soil tillage system such as no slash burning, no-tillage and less-tillage on forest site are all good ways of maintaining and raising soil productivity.

目 录

前 言
摘 要
Abstract

引 言	(1)
-----	-----

上篇——人工林对土壤肥力的影响

1 试验地概况	(5)
1.1 杉木试验地概况	(5)
1.2 楠木试验地概况	(5)
1.3 樟试验地概况	(6)
1.4 木荷试验地概况	(6)
1.5 建柏试验地概况	(6)
2 研究方法	(6)
2.1 长期固定标准地的建立	(6)
2.2 径流小区的建立	(6)
2.3 皆伐对林地肥力变化影响研究方法	(6)
2.4 皆伐炼山对林地养分迁移影响研究方法	(7)
2.5 长期固定标准地土壤取样方法	(8)
2.6 分析方法	(8)
3 结果与分析	(8)
3.1 皆伐对林地肥力变化影响	(8)
3.2 皆伐炼山对林地养分迁移及养分贮量的影响	(17)
3.3 炼山对林地土壤肥力的影响	(19)
3.4 炼山对林地水土流失的影响	(26)
3.5 幼林地抚育对林地水土流失和土壤肥力的影响	(29)
3.6 各树种人工林栽培对土壤肥力的影响	(30)
4 讨论	(42)
5 结论	(48)

中篇——人工林地力衰退的实质

1	试验点概况·····	(50)
2	材料与方法·····	(50)
2.1	材料·····	(50)
2.2	研究方法·····	(50)
3	结果与分析·····	(52)
3.1	各树种根际微生物分解植株残体产生自身毒素的生物活性·····	(52)
3.2	根际微生物产生的化感物质的生物活性·····	(53)
3.3	各树种枝叶提取物对自身种子萌发生长的影响·····	(76)
3.4	各树种成年林分下土壤对自身幼苗生长的影响·····	(77)
3.5	抚育间伐对自身毒素累积的影响·····	(81)
4	讨论·····	(85)
4.1	生物多样性研究的现状与进展·····	(86)
4.2	人工林林下植被的结构与功能研究进展·····	(93)
4.3	生态位理论的研究及其应用现状·····	(99)
4.4	人工纯林自身毒素的累积是人工林地力衰退的实质·····	(103)
4.5	两条重要规律的导出·····	(107)
5	结论·····	(110)

下篇——人工林地力的维护

1	混农林业与地力维护·····	(111)
1.1	混农林业的概念·····	(111)
1.2	混农林业的发展历史·····	(111)
1.3	杉木油桐仙人草混农林业模式·····	(113)
1.4	杉木胡枝子食用菌和杉木百喜草黄花菜混农林业模式·····	(116)
1.5	木麻黄果树农作物混农林业模式·····	(119)
1.6	讨论·····	(123)
2	混交与地力维护·····	(124)
2.1	造林历史的回顾·····	(124)
2.2	杉木与马尾松混交林·····	(125)
2.3	马尾松与木荷混交林·····	(128)
2.4	杨树与刺槐混交林·····	(129)
2.5	讨论·····	(150)
3	轮栽与地力维护·····	(150)
3.1	轮栽的意义·····	(151)
3.2	马尾松与杉木的轮栽研究·····	(151)
3.3	讨论·····	(155)
4	休闲(fallow)与地力维护·····	(155)

4.1	休闲发展演变的历史阶段·····	(155)
4.2	杉木休闲林地的研究·····	(156)
4.3	讨论·····	(161)
5	林分密度控制与地力维护·····	(162)
6	“近自然林业”与地力维护·····	(163)
6.1	“近自然林业”经营法在杉木人工幼林经营中的应用·····	(164)
6.2	“近自然林业”经营法在木荷、酸枣、枫香阔叶人工幼林经营中的应用·····	(168)
6.3	“近自然林业”经营法在马尾松人工幼林经营中的应用·····	(176)
6.4	讨论·····	(179)
7	结论·····	(181)

结束语 林木栽培制度的建立

1	维护林地生物多样性是建立栽培制度的关键·····	(183)
2	满足全社会对林产品(包括生态)不断增长的需求是建立栽培制度的目标·····	(184)
3	建立用地和养地相结合的技术体系是满足全社会对林产品(包括生态)不断增长需求的手段·····	(184)
3.1	用地和养地的概念·····	(184)
3.2	用地与养地的关系·····	(184)
3.3	养地的途径和方法·····	(185)
4	栽培制度的实质是人工林生态系统的时空调节控制体系·····	(185)
	参考文献·····	(187)

第二次世界大战后,全世界人工林面积不断扩大^[1],人工林在世界商品材中所占的比例越来越大。发展人工林,特别是在热带、亚热带地区发展速生丰产林,已成为当今世界各国林业发展的一种趋势。人们力图用更少的土地,生产相同数量甚至更多数量的木材来满足国民经济的需要。当今的人工林正向着集约、定向培育、速生高产、短轮伐期的方向发展^[2,3]。根据1990年统计,世界人工林面积为1.3亿公顷,其中3600万公顷在热带和亚热带。

然而,在二战后40多年的人工林急剧发展的同时,人工林地力衰退的问题也逐渐引起人们的关注^[4,5]。随着早期营造的人工林部分地更新进入第二代以及不时出现的同树种纯林产量逐代减少的警示,使林学家们对人工林能否维持多代高生产力表示了极大的担忧^[1~3]。人工林地力的维护和林地生产力的持续性问题也就成为世界许多国家林学家们所关注的焦点。在第十届世界林业大会以及国际林业联合会第十九届大会上人工林地力的维护和林地生产力的持续性问题受到了高度的重视。国际农林业研究委员会成员D. J. Boland在《农用林业的作用、意义和促进》中指出,土地持续性是20世纪80年代人们经常评论的问题。法国人Yves Birot在《造林与更新》中指出,土壤演化和育林的关系是人工林生态问题中的核心。英国人J. Evans专门报告了《人工林的长期生产力——至1990年的研究现状》,强调了维护人工林的重要性。

世界上对人工林地力衰退问题的研究已有100多年的历史^[1~4]。同树种连栽生产力下降的最早的实例是在1833年和1869年对第二代云杉人工林(德国)进行调查时发现的。19世纪后期,随着工业化生产的发展对木材需求的增加、人工林面积逐步扩大,人们更普遍地认识到这个问题。1923年,Weidemann报道,下萨克松地区第二、三代云杉林的产量下降得很严重,Roth和Kosa于20世纪40年代报道了瑞士和挪威也有类似的情况。Laurie和Griffith等人于1942、1948年报道了印度及爪哇第二代柚木林分生长量下降的状况。Asada(1966)在日本报道了日本落叶松连栽林分生产力下降的现象。之后,Webb报道了澳大利亚银桦^[6],De Bell报道了樱桃皮桉^[7],Chuchou、Keeves、Boardman报道了辐射松^[8~10],McColl报道了桉树^[16],Van Lear、Haywood报道了火炬松^[11,12],Haywood、Tiarks报道了加勒比松^[12,13],Leblance报道了红云杉^[14],Yasushi报道了日本柳杉^[15]等树种连栽导致了林地土壤地力衰退和林分生产力下降的现象。

我国是世界上发展人工林最突出的国家。根据国家森林资源调查统计,我国已成林的人工林面积为3102万公顷,占全国有林地面积的25.96%。在世界各国中,我国人工林面积居首位,约占世界所有人工林面积的1/4。在长期的人工林经营中,我国众多的林业研究者相继报道了杉木、木麻黄、落叶松、马尾松、桉树、杨树等人工林都不同程度地存在着林地土壤退化、生产力持续下降的趋势^[17~26]。尤其是杉木林,经营历史长,又常多代连作,地力衰退

的现象更为突出,地力衰退问题已成为人工林高产、稳产的瓶颈。因此,如何防止地力衰退、恢复地力,是涉及到我国大面积用材林基地能否持续经营、持续利用的大问题,也是我国森林生态系统能否健康存在、持续发展的问题,故而引起了广大森林生态和森林培育工作者的极大关切。为此中国林学会森林生态学会于1991年召开了“人工林土壤退化及防治技术学术讨论会”,这是我国有关地力衰退问题的第一次学术讨论会,标志着我国地力衰退问题的研究已经有了一个良好的开端。

J. Evans 认为,地力衰退并不是林业上的特殊问题和现象,在农业、林业和园艺等植物栽培领域中,这个问题的性质虽然不同,但实质却是一致的^[1]。长期以来,关于农业、园艺上连栽导致地力衰退及生产力下降的现象时有报道,报道的植物种类有苹果、桃、橘、黄瓜、小麦、水稻、玉米、大豆、人参、向日葵和甘蔗等^[27~39]。农业、园艺界的众多专家、学者对地力衰退的原因也做了许多的研究和探讨。

人工林地力衰退的原因是当前一个重要的研究内容,众多学者先后提出了数十种假说,从当前的报道来看,地力衰退的原因主要有^[1,5,24~27,40~44]:

1. 采伐过程中立地干扰过重 国外以及我国东北等地采伐机械化程度较高的地区,机械对土壤的压实、破碎作用往往造成地表植被破坏、表土消失、土壤污染;在我国南方山高坡陡机械化程度较低的地区,集材时的溜材等也时常造成地表植被破坏、表土破碎,许多地方采伐后大面积表土消失。据研究,南方林分采伐后通常表土损失1cm左右,在集中溜材地方及其邻近地块通常露出心土层。雨季来临后引起严重的水土流失,大量具有较高肥力的表土被侵蚀。

2. 轮伐期太短,养分输出大于输入 在一个森林生态系统中,营养状况决定于营养的输入(如降水、固氮、风化产物以及其它生态系统中进入的气态、液态和固态养分)和输出(主要是流入其它生态系统的液态和固态养分)以及生态系统内部营养的循环(包括植物的吸收、植物体内的运输、转化和通过凋落物的分解)。凡是能增加营养收入,减少养分支出以及使系统内部营养循环处于最佳状态的,地力就能长期维持甚至有所提高。相反地,如营造速生丰产林,轮伐期短,营养支出大于收入,或内部循环处于不利状态,如枯枝落叶和地表植被被搜刮取走或枯枝落叶分解困难,地力则将呈下降状态。

3. 采伐利用方式 近一二十年来,在一些国家兴起全树利用这种采伐利用方式。这种全树采伐,除干材外,也要取走枝桠、树叶和树根,全树采伐木材利用率大为提高,但同时也严重地影响了土壤肥力。据美国对两个集水区的研究,全树采伐比一般采伐(仅取走干材)取走的生物量多两倍。取走的营养元素也明显增多^[45]。在我国南方的福建省,曾一度大兴挖掘马尾松树根提炼松焦油的做法。挖掘松根后紧接着进行采伐迹地的清理炼山,群众形象地形容这种做法是“三光政策”,即:砍光、挖光、烧光。造成严重的水土流失和地力衰退。

4. 采伐剩余物清理和造林前植被清理 采伐剩余物或植被的处理方式对人工林的地力有着重要的影响。火烧采伐剩余物进行迹地清理在国内外都是常见的方法,火烧可使N、S等养分以气态形式大量丧失,许多营养元素也会以飞灰等形式损失^[45,46]。且火烧后以灰分形式留于土壤中的营养元素也因极易由于地表植被的丧失而被雨水淋溶或随地表径流流失。我国南方诸省普遍进行的采伐迹地炼山造林就是如此。

5. 耕作与整地 耕作与整地是人工造林、育林常用方法。其有减少杂草竞争改善土壤物理状况和营养状况、提高造林成活率和改善幼林生长的效果。不过,它也有不利的一面,特

别是在强度过大时,耕作会在一定程度上造成土壤N素的损失。在我国南方,曾一度盛行挖大穴、撩壕、全垦等做法,其结果是造成严重水土流失,地力下降。

6. 自然地理环境和生态系统固有的脆弱性 热带和亚热带地区的人工林比温带和寒温带地区的人工林更易发生地力衰退。热带森林,特别是寡营养森林中,营养主要集中于植被中,如植被被破坏,营养物质的恢复是很困难的。在北方针叶林中,地表以上的有机物约有70%存在于枯枝落叶层中,而到了热带则只有6%左右^[43]。

7. 群落结构过于单一 人工林的林分是以培育目的树种为绝对优势种群组成的植物群落,这种群落是在人为的干预下排斥了当地基生的乡土树种构成的群落而形成于林地上的派生群落。培育树种的生物学和生态学特性决定了人工林生态系统的物质循环和能量流动。树种的单一造成林分与外界物质和能量的交换高度一致,因此常常造成某种生态因子或养分元素的缺乏单向叠加。加之林分密度偏大,造成林下植被稀疏,群落结构简单,功能降低。

8. 树种针叶化 在当今国内外人工培育的树种中,针叶树占较大比例,如我国南方的杉木、马尾松、建柏、柳杉等,北方的油松、落叶松、红松、云杉等,国外的火炬松、辐射松、湿地松、加勒比松等。由于针叶树的凋落物中含有较多的单宁、木质素、蜡等物质,从而导致枯落物分解困难,营养元素生物循环不畅。

9. 土壤中毒、有毒物质累积 一些学者报道了连栽杉木林地积累有较多的有毒物质如香草醛等,这些物质的存在,对继代杉木的生长不利。

上述原因基本上基于推测。诚然,上述的原因都可能是造成地力衰退的直接和间接的因素。但这些因素是人工林内在固有的,从而不可避免的原因,还是人们在人工林经营过程中的经营不当而造成的呢?引起地力衰退的实质性的原因究竟是什么?其机制如何?相应的维护措施又如何?对此,笔者进行了近20年的长期、系统的研究,旨在探索人工林地力衰退的机制和实质及其相应的维护措施,为人工林的地力维护和林地生产力的持续发展提供理论和实践上的依据。笔者也真诚地希望本文提出的一些观点和看法能起到抛砖引玉的作用,将我国速生、丰产、优质人工林地营造和可持续的经营推向一个新的台阶。

上篇——人工林对土壤肥力的影响

本文作者对杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、建柏 (*Fokienia hodginsii*)、楠木 (*Phoebe bournei*)、木荷 (*Schima superba*) 和樟 (*Cinnamomum camphora*) 5 个树种人工纯林对土壤肥力的影响进行了长期的观察和研究。

1 试验地概况

1.1 杉木试验地概况

试验地 1: 该试验地位于福建省沙县东北部的国营异州林业采育场。福建省沙县地理位置为东经 $117^{\circ}27'$ ~ $118^{\circ}07'$, 北纬 $26^{\circ}07'$ ~ $26^{\circ}42'$, 系杉木中心产区。气候为亚热带海洋性季风气候, 年均温 19.2°C , 年降水量 $1\,687.5\text{mm}$, 年蒸发量 $1\,437.3\text{mm}$, 相对湿度 82% 。该地地属武夷山北段东伸支脉, 系闽西北花岗岩片岩片麻岩中山低山丘陵地貌区, 海拔高 500m 左右, 为燕山早期第三阶段第四次侵入岩, 岩性为细粒黑云母花岗岩, 土壤为山地红壤。试验区伐前植被为松杂混交林。林下植被有黄瑞木、乌饭、毛冬青、芒萁、芒、箬竹、五节芒等。

试验地 2: 该试验地位于福建林学院西芹教学林场。该场位于福建省南平市延平区西南部, 东经 $118^{\circ}05'$, 北纬 $26^{\circ}40'$, 系杉木中心产区。气候为亚热带海洋性季风气候, 年均温 19.3°C , 年降水量 1663.9mm , 年蒸发量 1428.6mm , 相对湿度 83% 。地属武夷山北段东伸支脉, 海拔高 150m 左右, 地层系上元古界前震旦系建瓯群, 为闽西北花岗岩片岩片麻岩中山与山间盆地地貌区, 母岩为花岗片麻岩, 土壤为山地红壤。土层厚度均在 1m 以上, 杉木林下主要植被有: 箬竹、卡氏乌饭、五节芒、芒萁、大青、冬青等。该试验地 1984 年采伐, 当年炼山, 翌年春季造林, 穴状整地, 1990 年林分郁闭。

试验地 3: 该试验地位于福建林学院后山西芹镇长建村集体林。试验地概况同试验地 2。

1.2 楠木试验地概况

试验地 1: 该试验地位于福建林学院三明莘口教学林场小湖工区, 属亚热带常绿阔叶林区。地理位置为东经 $117^{\circ}26'$, 北纬 $26^{\circ}11'$ 。地处武夷山向东延伸支脉的低山山地。属闽西南古生代覆盖层低山与丘陵地貌区。年均温 19.4°C , 年降水量 $1\,500.7\text{mm}$, 年蒸发量 $1\,289.6\text{mm}$, 相对湿度 79% 。试验地土壤分布发育在晚古生代泥盆纪南靖系地层上, 岩性为砂岩、紫色粉砂岩、灰紫色砂页岩和石英砾岩组成的浅海—滨海相碎屑沉积。土壤类型为山地红壤。楠木林下植被为箬竹、毛冬青、杜茎山、淡竹叶等。