

森林与土壤

中国林学会
中国土壤学会

森林土壤专业委员会 编

第六次全国森林土壤学术讨论会论文选编

中国科学技术出版社

森林与土壤

第六次全国森林土壤学术讨论会论文选编

中国林学会
中国土壤学会 森林土壤专业委员会 编

中国科学技术出版社

• 北 京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

森林与土壤:第六次全国森林土壤学术讨论会论文选编/中国林学会
中国土壤学会森林土壤专业委员会编. —北京:中国科学技术出版社,
1997. 6

ISBN 7-5046-2361-X

I. 森… II. 中… III. 森林土-土壤学-学术会议-中国-文集
IV. S714-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 08549 号

中国科学技术出版社出版

北京海淀区白石桥路 32 号 邮政编码: 100081

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防科工委印刷厂印刷

*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 12.125 字数: 300 千字

1997 年 9 月第 1 版 1997 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—1000 册 定价: 28.00 元

前 言

中国林学会、中国土壤学会森林土壤专业委员会第六次全国森林土壤学术讨论会，于1995年10月7日至1995年10月12日在四川雅安四川农业大学胜利召开，会议受到全国森林土壤学界的高度重视，也受到有关学科的关注，出席会议的代表来自全国17个省、市、自治区，共计75人，会议期间收到学术论文56篇。

这次学术讨论会的主题是：合理和永续利用我国森林土壤资源，提高森林土壤生产力。讨论会分两个专题组，即森林土壤管理组和森林土壤生态组，交流了我国森林土壤研究工作近期取得的成果和经验，其中有属于森林土壤学科基础研究，也有属于应用基础研究。大部分论文研究内容紧密地联系林业生产实践，并应用多学科的理论知识和先进的科学技术去解决森林土壤研究中的实际问题。研究的领域涉及到的范围很广，有宏观研究，也有微观研究，其中有的研究内容关系到全国不同地区、不同热量带、不同植被带、不同立地条件、不同树种的森林土壤性质、森林土壤变化规律、森林土壤结构与功能的关系，也有为适地适树、合理利用森林土壤资源而展开的森林立地类型划分和评价研究，以及我国主要造林树种土壤条件研究，也有为调控森林土壤性质、结构与功能的关系而开展的对杉木、云杉、红松、毛白杨以及落叶松等树种土壤养分消长动态变化研究，养分循环研究，施肥技术应用研究，不同树种在不同立地条件下土壤性质变化规律的研究，揭示森林土壤衰退的原因机制及其合理的森林经营、优化栽培模式、正确育林措施、维护和提高森林土壤功能的研究。

通过这次学术交流，必将为我国合理地利用森林土壤资源，提高森林土壤生产力、提高林木产量、建立良好的森环生态环境系统提供可靠的科学依据和成功的技术途径。

本着总结经验，相互借鉴，不断地提高森林土壤研究水平，发挥森林土壤学科在实现林业现代化中的作用，根据与会代表的要求，森林土壤专业委员会决定出版第六次全国森林土壤学术讨论会论文选集。

由于时间仓促，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1996年12月

目 录

一、森林土壤永续利用

人工林地力衰退研究	杨承栋 (1)
杉木人工林地力退化问题探讨	李昌华 (8)
不同发育阶段杉木人工林土壤微生物及养分的变化趋势	焦如珍等 (13)
轮作和连作杉木林土壤酶活性与土壤肥力	李传涵 陈竑竣 (18)
关于杉木、马尾松、木荷纯林及其混交林土壤养分状况的研究	曹汉详等 (24)
杨树连栽林地叶片养分含量变化与生长关系的研究	吴惠仙等 (29)
雷州半岛桉树生产力制约因素分析	刘有美 (34)
不同前茬杉木林土壤性质及其林木生长量的研究	杨承栋等 (41)

二、森林土壤生态

长白山阔叶红松林养分循环研究	许广山等 (48)
常绿阔叶林生态系统氮(N)的生物地球化学循环	许利群 俞似军 (54)
尖峰岭热带山地雨林凋落物的元素含量与分解迁移特性	吴仲民等 (60)
中国热带天然林的土壤C储量及人类活动影响的初步研究	吴仲民等 (66)
常见园林植物净化大气的作用	陈国霞等 (73)
热带南亚热带短轮伐期速生树种人工林养分平衡的探讨	徐大平 (78)
酸性土壤上磷素营养对湿地松、尾叶桉苗木光合特性的影响	张建国等 (88)
宁镇丘陵区几种主要森林类型下土壤养分的动态特性	曾曙才 俞元春 (96)

三、森林土壤管理

紫色土瘠薄地造林技术试验研究	罗 韧等 (102)
冀西山地土壤类型与林木生长关系和开发利用意见	刘廷万等 (118)
毛白杨人工林土壤养分元素消长动态研究	刘寿坡等 (124)
向量分析法及其在林木营养诊断中的应用	张 健 官渊波 (128)
杉木近熟林施肥效应与效益	李贻铨等 (133)
林木施肥的有效立地指数区间与目标肥效	吴晓芙等 (146)
不同类型铁对梔子的有效性试验	王 波 虞耀瑾 (152)
山西吕梁枣林土壤及其管理的研究	金志南等 (156)
四川盆地及盆周集体林区新造幼林的最优抚育方式——间作	胡庭兴等 (160)
干热河谷立地分类及立地质量评价的初步研究	李贤伟等 (165)
确定合理经济林发展比例因素探讨	官渊波 (170)
硬头黄竹纸浆林丰产培育施肥技术研究	陈其兵 江 心 (173)
土壤有效磷含量测定方法的研究	陆 军 张吉先 (178)
河南省沙区土壤特征及林业利用	段绍光等 (181)

Contents

一、Forest Soil Sustained Utilization

- 1 Research on soil degradation of forest plantation Yang Chengdong (1)
- 2 A discussion on soil degradation in Chinese fir plantation Li Changhua (12)
- 3 Variational trend on soil microbes and soil nutrients in different development stages of Chinese fir plantation Jiao Ruzhen *et al.* (16)
- 4 Soil enzyme activity and fertility in rotational and successional chinese fir plantations in South China Li Chuanhan and Chen Hongjun (22)
- 5 Research on nutrient status of pure Chinese fir, masson pine, *Schima superba* and mixed forests Cao Hanxang *et al.* (27)
- 6 Research on relationship between nutrient contents in foliage and growth in successional poplar plantation Wu Huixian *et al.* (32)
- 7 A study on the limiting factors to the productivity of eucalyptus plantation in leizhou peninsula Liu Youmei (40)
- 8 Research on soil properties and tree growth of different pre-crop Chinese fir plantations Yang Chengdong *et al.* (47)

二、Forest Soil Ecology

- 9 Study on nutrient cycling in a broadleaved-Korean pine forest of changbai Mountain Xu Guangshan *et al.* (52)
- 10 Nitrogen recycling of biogeochemistry of evergreen broadleaved forest ecosystem Xu Liqun *et al.* (59)
- 11 Chemical content and decomposition characteristics of the litter-fall in tropical mountain rain forest at Jianfengling, Hainan Island, China Wu Zhongmin *et al.* (65)
- 12 Preliminary research on the soil carbon storage of natural tropical forests and the effects of human management activities in China Wu Zhongmin *et al.* (72)
- 13 Function of purifying atmosphere by several plants of landscape garden Chen Guoxia *et al.* (77)
- 14 An approach to nutrient balance in tropical and south subtropical short rotation plantations Xu Daping (86)
- 15 Effects of phosphorus stress on photosynthesis characteristics of *P. elliotii* Engelm and *E. urophylla* seedling Zhang Jianguo *et al.* (94)
- 16 Studies on dynamic properties of nutrient status in soils of the staple forest types of hills Nanjing-zhenjiang Zeng Shucai *et al.* (101)

三、Forest Soil Management

- 17 A silvicultural experiment on the poor forest land of purple soil Luo Ren *et al.* (117)
- 18 The relations between soil type and tree growth in the west

	mountainous region of Hebei Province and the proposal about its use	Liu Tingwan <i>et al.</i>	(123)
19	Study on dynamic change of soil nutritious elements in <i>Populus tomentosa</i> Carr. plantation	Liu Shoupo <i>et al.</i>	(127)
20	Vector analysis and its use for assessing forest nutrient	Zhang Jian and Gong Yuanbo	(132)
21	Growth response of pre-mature Chinese fir to applying fertilizer	Li Yiquan <i>et al.</i>	(145)
22	Effective site index range and target fertilization efficiency of forestry fertilization	Wu Xiaofu <i>et al.</i>	(151)
23	Effects of different iron forms on <i>Gardenia jasminoides</i>	Wang Bo and Yu Yaojin	(155)
24	A study on jujuby-forest soil and its management in Luliang, Shanxi	Jin Zhinan <i>et al.</i>	(159)
25	Intergrop-one of the optimal tending method for young stands in collective forest area of Sichuan Basin	Hu Tingxing <i>et al.</i>	(164)
26	A preliminary study on site classification and site quality evaluation in the dry-hot valley area	Li Xianwei <i>et al.</i>	(169)
27	Factors in determination of reasonable area ratio in the economic forest planation	Gong Yuanbo	(172)
28	Study on fertilizer application techniques for high-yield pulp-producing stands of <i>Bamboo. rigida keng et. Keng. F.</i>	Chen Qibin and Jiang Xin	(177)
29	Study on determination of available phosphorus in forest soil	Lu Jun and Zhang Jixian	(180)
30	Soil characteristics and forestry utilization in sand area of Henan province	Duan Shaoguang and Wang Beizhan <i>et al.</i>	(185)

一、森林土壤永续利用

人工林地力衰退研究

杨 承 栋

(中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室 北京 100091)

摘要 本文论述国内外人工林地力衰退研究的动态,重点论述我国人工林主要造林树种地力衰退的状况、生长量下降及土壤性质变化等,并为防治人工林地力衰退提出了具体的途径和设想。

关键词 地力衰退 组成结构 集约经营

1 关于人工林地力衰退的国内外动态

随着世界人口的不断增长、工业的迅速发展,全球范围内对木材的需求量和有限的森林资源所构成的矛盾日益加剧,天然林面积日益缩小。为了满足人类对木材的需求量,人工林面积正在逐渐扩大,特别是自第二次世界大战以来,人工林发展十分迅速,其经营利用的总趋势是向着集约经营、速生丰产、短轮伐期方向发展。树种倾向于单一化、针叶化,生态环境正在遭到破坏。由于不合理地利用森林土壤资源等多种因素的综合作用,正在加速、加重土壤的退化过程。我国人工林经营情况也很类似,在南方是以种植杉木和松树为主,在北方是以种植落叶松和杨树为主。全球范围内,由于人工林的不合理经营,不良的育林措施,土壤中养分的输出大于输入,逐渐形成恶性循环,导致人工林地力衰退现象日趋严重,产量逐代大幅度下降,如此情况,严重地威胁着人类对土地的永续利用,从而成为当今世界上发展短轮伐期工业用材林集约经营的一大障碍,引起世界范围内林业工作者的高度重视^[1]。回顾历史,早在19世纪1833年和1869年对德国第二代云杉林人工林地力衰退调查时,就曾观察到第二代云杉林产量不如第一代。1923年Weidemann报道了下萨克松地区第二、三代云杉林产量的严重下降。20世纪40年代Roth和Kosa报道了瑞典和挪威也有类似的情况。荷兰曾报道欧洲松产量连续下降。在南亚地区,如印度曾报道有关柚木,在日本曾报道有关日本落叶松地力衰退、产量下降现象。在澳大利亚和新西兰,Keeves于1966年,Bednall于1968年,Boardman于1979年报道辐射松产量连续下降的消息,Keeves指出,尽管辐射松在澳大利亚南部第一代生长很好,但第二代平均生产力下降25%。英国学者Evans根据他对全球较大范围内人工林生长情况所作的考察,发现人工林连栽会引起生长量下降、土壤性质恶化^[2]。在国际林联第19届大会上,与会专家学者认为,像70年代酸雨,80年代地球气候改变,人工林地力衰退研究将成为90年代对森林生长造成严重影响而又最热门的研究课题。在第10届世界林业大会上,YvesBiro指出,人工林的生态学观察,核心问题是土壤演化和育林实践的关系。国际性学术组织及有关学术活动如国际土壤学会、国际林联、北美国际森林土壤学术会

议以及国际森林土壤学术讨论会均把人工林地力衰退列为较重要的研讨内容。欧洲各国在不定期的森林土壤学术讨论会上,很重视人工林地力衰退的研究,前苏联于1987年召开全国范围内土壤退化学术讨论会,并就土壤腐殖质减少、土壤板结、土壤侵蚀、土壤酸化和土壤污染对森林生长产生的影响开展了重点讨论。联合国已在世界范围内编制土地退化图,亚太地区成立了退化土壤研究协作网,加拿大已把防治土地退化作为全国性重点任务。我国对人工林地力衰退的研究工作也十分重视,具体工作始于60年代初,当时主要集中在对杉木人工林地力衰退进行研究。研究结果发现,杉木人工林地力衰退,除了生长量下降、养分含量下降之外,在杉木生长过程中土壤中还积累了香草醛之类物质,导致土壤中毒。在这以后,很长一段时间,除了零星的研究之外,几乎处于停顿阶段。“七五”期间,不仅对杉木林地力衰退继续开展研究,而且对桉树、落叶松、杨树等主要造林树种的地力衰退状况也着手开展研究。“八五”期间,人工林地力衰退研究列入了国家攻关课题。中国科协于1990年11月委托中国土壤学会和中国土地学会牵头,联合有关的20余个全国性学会(协会、研究会),在厦门市召开全国土地退化防治学术讨论会,针对我国各地土壤资源退化的现状探讨防治土地退化的对策和有效措施。与会学者认真地讨论了我国土壤退化的状况和对生态环境危害的程度,并提出了可行的防治措施^[3]。中国林学会生态学会于1991年召开了人工林土壤退化及防治技术学术讨论会,中国林学会、中国土壤学会森林土壤专业委员会森林立地学组于1994年在北京召开了全国人工林地力衰退及防治技术的学术讨论会,研讨我国人工林地力衰退的状况,地力衰退的原因机制及其防治措施。

2 我国人工林地力衰退的状况及研究工作的进展

我国是世界上人工林面积最大的国家,根据1984~1988年全国森林资源调查统计,我国人工林面积已达到3830万 hm^2 ,占世界人工林面积的1/3,其中针叶林占68.4%。由于造林树种比较单一,兼之一些地区不能根据立地条件选择合适的树种,以及在森林经营和育林中尚存在不适当措施,致使我国主要造林树种均不同程度地存在较严重的地力衰退,1977~1988年11年间,我国人工林平均产量每公顷下降 18.12m^3 ,连栽杉木人工林产量一代不如一代,第二代和第一代相比,产量下降10%~15%,第三代和第一代相比,产量下降40%~50%。更为严重的是,在部分地区,我们发现二代杉木人工林成活率低,甚至不能成活,经过连续二三年补栽实生苗,仍不能栽活,然而,若是轮栽其它针、阔叶树种,则不仅能正常成活,而且生长得很好,如在浙江省丽水地区林场蛙蟆坑处一片3.3多 hm^2 的一代杉木林采伐迹地上就出现这种情况;在江西大岗山中国林科院亚热带实验中心的上村林场,多处发现在一代杉木采伐迹地上用实生苗更新不能成活,以致该林场对一代杉木林采伐迹地能否继续连栽杉木产生担忧。我国现有杉木人工林面积约500万 hm^2 ,约占我国人工林总面积24%,杉木是我国特有的速生丰产树种,若能有效地防治地力衰退,产生的经济效益和生态效益是难以估量的。落叶松主要分布在我国北方丘陵山地,人工林面积约为151.93万 hm^2 ,该树种地力衰退现象也相当严重。根据我国学者陈乃全等调查研究,在相似立地条件下,比较同样造林措施、同树龄的一、二代长白落叶松人工林生长状况,发现第二代和第一代相比,生长量呈普遍下降的幅度:胸径下降为10.2%,树高下降为7.8%,蓄积量下降为15.1%。桉树人工林主要分布在我国南方15个省、区,人工林面积约为40万 hm^2 ,该树种轮伐期短,由于在经营和育林措施中尚存在一些问题,致使该树种地力衰退现象也较为严重,据报道,第二代和第一代相比,生长量下降10%~20%,第三代和第一代相比,生长量下降30%。杨树是我国华北地区

主要造林树种,我国杨树人工林面积有 400 万 hm^2 ,据报道,相似立地条件的第二代杨树人工林和第一代相比,平均树高和平均胸径分别下降 24%和 11%。

众多学者研究工作的结果表明,导致我国人工林地力衰退、生长量下降的因素是综合的,其中有自然因素如气候、地形、植被、成土母质、土壤等,也有人为活动因素,但影响土壤功能退化的主要因素是人为活动对自然因素的影响,是人类不合理的经营土地、破坏自然因素的相对平衡、破坏自然界生态平衡的动态体系,从而使土壤性质发生变化,导致土壤功能发生退化。

从宏观的角度去分析,我们可以清楚地看到,目前我国人工林经营,很多情况已破坏了自然界原有的生态平衡动态体系。以杉木为例,在我国杉木盛产区中亚热带的原始植被是常绿阔叶林,现存的杉木原始林也并非纯林,而是和其它常绿阔叶树种(或落叶阔叶树种,或一些针叶树种)混在一起。林下的草本和灌木种类繁多,实际是多物种、多树种的混交林分。然而我们目前的人工林经营,一味地追求提高单位面积产量的眼前经济利益,树种单一化、针叶化、纯林单层结构,伴生树种、下木和草本等生物种类稀少。最近的统计资料表明:全国人工林比例为针叶树种 53.8%,阔叶树为 46.2%,阔叶树种主要分布在平原农区,山区很少,尤其是在南方各省,阔叶树种比例极少,如我国浙江,阔叶树种只占人工林总面积的 1.2%,福建占 4.2%,广东占 3.8%,江西占 1.8%,湖南占 5.6%,针叶树种比例则相应地增大,致使自然界正常的物种、树种比例失去了平衡,兼之栽培、育林措施不当,如全垦整地、炼山等,造成大量的水土流失,尤为严重的是发生在我国南方丘陵山地的造林前炼山,使大量的枯落物、有机物化为灰烬,不仅损失了养分,而且也造成空气污染,炼山使表土失去枯落物保护,雨水直接打在表土上,特别是在暴雨季节,水土流失更为严重。据报道,炼山使母岩为砂岩的林地年径流量,每公顷达到 2743.49m^3 ,年土壤流失量为 24.811t ,分别为不炼山的 11 倍和 88 倍,土壤有机质、速效 N、P、K 的流失量分别为不炼山的 15 倍、24 倍、16 倍和 5 倍。据张先仪对全垦整地研究结果证实,在湖南株州母岩为页岩、坡度 30° 的立地条件所做的水土保持实验中因全垦整地,每公顷每年流失的表土达到 $3\sim 4\text{t}$,若遇大雨之年,可达到 6t 。在花岗岩地区,水土流失现象则更为严重,使表土层厚度变薄、土壤变得贫瘠。树种连栽,更进一步加剧了表土层和整个土层厚度变薄,加速土壤养分贮量的降低。由于自然界原有的生态环境平衡体系受到破坏,物种组成发生了变化,鸟类等动物栖息的环境受到破坏,鸟类的种类和数量明显地减少,环境气候条件也受到相应的影响,致使病虫害逐年有增无减。

从微观的角度去分析,依据森林土壤功能与其组成、结构一致性原理,人工林地力衰退实质上是土壤功能的退化,它与森林土壤组成、结构、性质变化有着分不开的关系,^[4]森林在其生长过程中,通过根系在土壤中的代谢分解活动,森林土壤无机物、有机物的组成、结构将会发生相应的变化,土壤中具有生物化学活性物质,如酶的活性等、以及土壤中的生理活性物质,如游离氨基酸等,均将发生相应的变化。对于不同的树种来说,由于生物学特性不同,影响森林土壤组成结构变化也有差异,因此系统地掌握不同树种、不同的立地条件、不同的生长阶段对森林土壤组成、结构变化所起的作用,对于揭示不同树种人工林地力衰退原因机制是非常重要的。森林土壤是由多种物质组成,其中有单质、也有化合物,从物质分类这个角度,可以把导致森林土壤功能退化的组成、结构变化划分为两大类。

2.1 人工林地力衰退与土壤养分含量及无机物组成变化的关系

从需要量角度出发,林木从土壤中吸收的无机养分可分为两类:一类是大量元素,另一

类是微量元素。目前我国林业科技工作者，通常是把主要注意力集中在林木对大量元素需要量的研究上，侧重考虑的是 N、P、K，然而对于一个特定的地区、特定的树种来说，究竟缺乏何种元素，施用量是多少才能较好地促进林木生长，这既要取决于土壤性质的背景值，也要取决于树种的生物学特性，取决于不同树种对营养元素的选择性吸收。对于杉木林来说，通过调查和定位研究，我们发现在立地条件较差、地位指数在 14 以下的区域，一代杉木林生长进入中龄林时，土壤速效养分状况就明显下降，然而我们又发现，在一些地区对二代杉木中龄林施用速效 N、P、K 化肥，却并不能见到林木明显的增长。这种情况的出现，到底是因为土壤中缺少某种营养元素，还是因为林木在其生长过程中，通过代谢活动，导致土壤中积累了过多的有毒物质，以致影响林木正常生长，是多年来林业工作者十分关注的问题，有待进一步深入研究。在页岩或板岩立地条件下，依据对杉木叶片养分分析的结果发现，林木生长与叶片中 P、Mg、N 含量高低呈密切的正相关，与微量元素 Cu、Mn、Fe 含量也呈密切的正相关。在花岗岩立地条件下，对第三代杉木人工林叶片养分分析和施肥试验结果表明，影响杉木生长的土壤营养元素，除了 N、P、K 三要素含量不足之外，微量元素也十分缺乏，特别是 Mn 和 Zn 含量不足，土壤中微量元素是很多生物化学反应催化剂，因此微量元素不足，势必要影响到土壤中很多生物化学反应正常进行；叶片中养分含量高低除了与土壤养分含量直接相关之外，还与土壤环境条件密切相关。根据陈乃全等对重茬长白落叶松土壤性质研究结果表明，二代长白落叶松土壤和一代相比，土壤有机质含量由 5.38% 减少到 4.33%；土壤 pH 值由 A、B 层的 6.22 和 6.23 下降到 6.00 和 5.75；土壤全 N，在 A、B 层含量分别降低 22% 和 15.9%；土壤全 P 在 A、B 层含量分别降低 24.3% 和 28.3%；土壤速效 Ca 在 A、B 层含量分别降低 15% 和 27%；全 Ca 在 A、B 层含量分别降低 9.2% 和 14%；土壤速效 Mn 含量，则提高了 27.2% 和 32.6%。据孙翠玲报道，连茬杨树人工林，土壤养分含量下降也是十分明显的，相似立地条件的二代杨树人工林和第一代相比，土壤有机质含量下降 52%，速效氮含量下降 50%。桉树人工林土壤养分含量下降也是十分明显的。

2.2 人工林地力衰退与土壤有机化合物组成结构变化及生物活性变化的关系

众所周知，土壤有机化合物含量高低，通常是土壤肥力高低的重要指标，土壤腐殖质酸含量、盐基代换量等均和土壤有机质含量呈正相关。然而，我们的研究工作发现，在某些特殊情况下，即使是土壤有机养分含量较高，林木仍不能正常生长，例如，在浙江省丽水地区林场蛙蟆坑，有一片 3.3 多 hm^2 的一代杉木林采伐迹地，土壤有机质含量达到 7.07%，但二代杉木借助于萌芽更新不能成活，连续两年补栽实生苗，仍不能成活，被迫改种其它树种。类似的例子还很多，又如在江西省分宜中国林科院大岗山实验中心上村林场，也发现有类似的情况，并通常是发生在土壤有机养分含量较高的区域。因此我们在研究人工林地力衰退时，不能仅仅局限于分析土壤有机质的绝对含量，还需要对有机物的组成、结构进行进一步的分析和测定，特别是对一些具有生理、生化活性的物质，进行定性和定量的检测，就显得十分重要。笔者在浙江丽水的研究工作中发现，二代杉木林土壤中游离氨基酸的种类，明显地少于立地条件相似的一代杉木林或其它林分，不仅如此，即使是已检测到的某种氨基酸，其含量也明显的低于其它林分。通过对 14 种游离氨基酸的分析测定结果表明，在一代杉木林土壤中可以检测到 6 种游离氨基酸，但在二代杉木林土壤中只检测到 1 种，而且含量也明显的低于一代杉木林土壤或相似立地条件的其它林分土壤含量。活性氨基酸种类减少、含量降低，究竟是如何影响到二代杉木林的正常生长，这还需要通过进一步的实验去验证。森林土壤酶是

众所周知的、具有生物化学活性的物质，土壤中很多生物化学反应，如氧化还原反应等，均是在土壤酶的催化作用下进行的。酶活性的高低，在通常情况下，是与土壤有机物含量成正比例关系。然而在杉木人工林土壤中，我们遇到一些意外情况，有的氧化还原酶活性，如多酚氧化酶活性，不是和土壤有机质含量成正比例关系，而是成反比例关系。土壤中多酚类物质是土壤有机质的重要组成部分，土壤多酚氧化酶活性的降低，这就十分明显意味着要影响到土壤中多酚类物质通过氧化还原反应转化成醌，势必要导致过多的多酚类物质积累，从而影响到林木根系的正常生长发育。然而杉木在其生长过程中，为什么会影响到土壤中多酚氧化酶活性的降低，我们又如何去提高土壤中多酚氧化酶活性，这是需要深入研究的重要问题。在福建南平，我们在研究工作中还发现，在二代杉木林土壤中，除去多酚氧化酶活性明显降低之外，脲酶活性也十分明显低于其它林分土壤，土壤脲酶活性的降低，势必要影响到土壤中速效氮的正常转化。森林土壤微生物是土壤生物活性的重要组成部分，土壤微生物区系的研究结果表明，通过对相似立地条件的常绿阔叶林或次生林、一代杉木林、二代杉木林土壤微生物区系作比较分析，发现三大类微生物数量即细菌、放线菌、真菌数量，常绿阔叶林或次生林土壤多于一代杉木林土壤，一代杉木林土壤多于二代杉木林土壤；不仅数量上存在明显的差异，而且种、属也存在明显的差异。在常绿阔叶林或次生林土壤中我们可以检测到的细菌属、种明显地多于纯杉木林土壤，特别是多于二代杉木林土壤，真菌的属、种变化尤为明显。

3 人工林地力衰退的防治

3.1 建立维护人工林生态平衡的动态体系

3.1.1 人工林群落结构的优化

世界范围内人工林的大规模营造是在第二次世界大战之后。这些人工林目前差不多已进入第二或第三代，若是短轮伐期树种，则代数更多，如何经营、培育这些林分，维持人工林的长期生长力，永续利用森林土壤资源，保护好良好的生态环境，防治地力衰退，是当前摆在林业工作者面前的综合性课题，涉及到较多的学科知识领域。如果没有正确的森林经营、合适的育林措施和先进的栽培技术，二三代人工林将要发生不同程度的地力衰退，并伴随着林木产量的逐代下降。如何建立人工林新的动态平衡体系，是发展人工林，特别是发展短轮伐期人工林急待解决的问题。我们的初步研究工作实践表明，营造混交林或轮栽新的适生树种，以及发育林下植物群落是维护和恢复森林土壤功能较为重要的途径^[5]。如在我国中亚热带可营造杉木与火力楠、或木荷、或楠木等树种混交林，或轮栽针、阔叶树种；在北方可营造杨树与刺槐混交林；在东北地区可营造落叶松与樟子松或桦树的混交林；在南方可营造桉树与相思的混交林，或在桉树林内间种菠萝，以耕代抚。不过，在不同的立地条件下，究竟选择何种混交模式，是块状混交还是行状混交，何种混交比例为佳，这是需要继续深入研究的。总的来说，要善于根据具体的立地条件，因地制宜，选择适合的模式，如在降水量400mm以下的西北干旱区，则不能单纯片面强调种植乔木，而应强调草、乔、灌相结合的模式，在北方黄土高原，南方水土流失严重、土壤瘠薄区域，则不能片面强调造林，而应强调林、草相结合的模式。

3.1.2 因地制宜制定不同树种栽培、经营措施

因地制宜，根据不同的立地条件，选择适宜的树种，制定不同的栽培经营措施，改进采伐方式，以轮伐或择伐代替皆伐，改进迹地更新和整地方式，避免炼山和全垦整地，特别是

在暴雨集中和坡度较陡的区域，尤须注意。为了恢复自然界物种多样性，可通过间伐，发育林下植被，这样不仅可以防治水土流失，而且可以有效地改良土壤性质，有条件的地区，也可考虑施用化学肥料、微生物菌肥以及菌根制剂，促进林木生长，维护和恢复森林土壤功能。

3.2 制定统一的森林土壤退化分类和评价标准，开展协作研究

我国从“七五”开始，对人工林地力衰退的研究工作越来越引起重视，主要集中在对杉木、落叶松和桉树人工林地力衰退的研究，并取得了一定的进展，但对不同立地条件、不同树种土壤退化程度的评价及其治理方法，目前我国尚无统一的标准、统一的规范，资料的系统性也较差，研究的范围也很有限。因此要搞清全国森林土壤退化的现状，当务之急是要组织起一个由多学科、跨部门的协作网，制定各种统一的标准和规范，其中包括各种工作的规程、土壤退化分类、评价的标准、评价的方法和指标、监测制度以及样品的采集和分析方法。积极地组织科技队伍，在全国范围内对不同立地条件、不同树种、不同植被类型的土壤退化状况进行调查，建立数据库，为国家宏观决策、区域治理、有效防治措施的制定，提供可靠的科学数据和有关资料。

3.3 建立监测系统，开展定位研究，进行及时的预测预报

在全国范围内不同热量带、不同植被带、不同立地条件下、选择有代表性林地，建立系统的监测系统，对各种原因引起的土壤退化进行动态观测，开展定位研究，其所观测的动态变化和趋势，必将为科研和管理部门进一步研究，为国家有关部门制定政策，为不同地区、不同立地条件制定防治措施，提供系统变化的科学依据。

参 考 文 献

- 1 中国林学会森林生态学会杉木人工林集约栽培研究专题组. 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992
- 2 J. Evans. long term productivity of forest plantation-status in 1990, IUFRO, 19 th world congress proceedings, pivationl, volume
- 3 中国科协学术工作部编. 中国土地退化防治研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1990. 179~503
- 4 杨承栋, 等. 杉木连栽土壤组成、结构、性质变化及其对林木生长的影响. 林业科学, 1996, 32 (2): 175~181
- 5 杨承栋, 等. 发育林下植被是恢复杉木人工林地力的重要途径. 林业科学, 1995, 31 (3): 276~283

Research on soil degradation of forest plantation

Yang Chengdong

(Chairman of the Forest Soil Committee, the Chinese Society of
Forestry and the Chinese Society of Soil Sciences)

Abstract This paper dealt with recent status on soil degradation of forest plantation, yield decline and change of soil properties, and so on. The detailed way and idea for prevention of soil degradation of forest plantation were provided.

Key words soil degradation, composition and structure, intensive management

杉木人工林地力退化问题探讨

李 昌 华

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

摘要 本文从人工林的生态稳定性、杉木的生态特性,以及杉木人工林营林模式的历史发展等方面来说明杉木人工林地力退化的原因,并提出了以恢复常绿阔叶林为主的提高杉木产区土壤肥力的对策。

关键词 杉木 人工林 地力退化

我国杉木人工林地力退化问题的研究自五六十年代开始^[1],近一二十年来已为许多学者所重视,由国家支持经费,既有专门研究组和研究室,又开专题学术讨论会,综述及研究其原因和对策的论文已经不少。本文想从人工林的生态稳定性、杉木的生态特性、杉木人工林营林模式的历史发展,以及天然林中杉木的生长状况等目前已发表著作中涉及较少的方面,对当前杉木人工林地力退化的必然趋势及其发展前景进行一些补充探讨。

1 人工林的生态稳定性

无论把森林作为一种资源要素或作为一种环境要素,都希望森林生态系统是稳定的。森林的生态稳定主要表现在以下四个方面,即第一、基本结构稳定并能发挥其应有的经济效益和生态效益;第二、永续多代维持地力;第三、抗病虫害及其它灾害;第四、更新容易。天然林一般不存在生态不稳定的问题,因为它是自然选择的结果。人工林则不然,可能出现难以达到的经济效益和生态效益目标,或难以长期多代经营的生态不稳定问题。这种人工林生态不稳定问题在世界上极不罕见,杉木人工林地力退化问题就是这种人工林生态不稳定性的典型表现之一。

人工林的生态稳定性主要决定于两个基本条件。第一是适地适树,就是说树种是否适合当地的环境条件,特别是气候条件和土壤条件。第二是营林模式是否适当。实际上这两个条件也并非相互孤立,而是相互联系的。目前我国南方杉木产区之所以出现地力退化问题,正是由于这两个基本条件方面的原因所致。

2 杉木的生态特性^[2,3,4,5]

在我国南方杉木生态适宜区内,特别是杉木产区,气候和土壤条件基本适于杉木生长。从大范围来看,适地适树应该说没有什么问题,所以不必赘述。本文只强调一个和地力退化关系最为密切的特性,即杉木的喜肥沃土壤特性。

众所周知,杉木是我国南方最重要的用材造林树种,有许多优良特性,如生长快,抗病虫,以及材质好和抗虫蛀等。但是,即使在杉木产区,它也必须生长在肥沃的土壤上,否则就会过早衰老,以致不能长成良材、甚至不能成材。一般来说,最适于杉木生长的肥沃土壤是“阔杂”迹地土壤。所谓“阔杂”是常绿阔叶林以及与其相似的以阔叶树为主的阔叶树、马

尾松混交林（其中常混有少量杉木）的简略统称，其迹地土壤在山洼和山腹以下常常至少有20~25cm以上的腐殖质层，此层上部10cm的腐殖质含量在4%以上，下部10cm的腐殖质含量在2.5%以上，土壤的保水和透水等物理性质都很好。在这种土壤上，杉木人工林可以生长40~50年不衰老，平均高可达15~20m或更高，平均胸径可达25~30cm或更粗。至于在常绿阔叶林中的天然杉木，由于更有不断的来自阔叶树枯枝落叶的养分供应，所以可以80~100年不衰老，长成高20m或更高，胸径40~100cm或更粗的大杉木。

随着土壤腐殖质层变薄，杉木的生长状况逐渐变差。例如在腐殖质层20cm左右，上部10cm腐殖质含量2.5%~3%，下部10cm腐殖质含量1.5%~2%的土壤上，杉木人工林平均高不超过15m，平均胸径15~25cm。如果肥力更低，则生长更差。例如在腐殖质层只有10cm左右，其腐殖质含量1.5%左右，其下层10cm的腐殖质含量在1%左右的土壤上，杉木人工林的平均树高不过10m或更低，平均胸径不过10~15cm就已经衰老，一般只能生产小径材。比较极端的例子是“文革”期间的丘陵红壤大面积植杉运动。丘陵红壤虽地处杉木气候适宜区内，但因贫瘠而且物理性质很差，所以杉木很快衰老，大部分难以成材，以小老树而告终。这一后果今天在湘、赣的京广和京九铁路两侧，仍然可以见到。

杉木的喜肥沃土壤，特别是喜“阔杂”迹地土壤的特性是杉木的天然本性，非目前人力所能改变。这一特性之所以重要，是因为它能导致两个非常现实的结果。首先，杉木和松树等树种不同，对地力退化特别敏感。如果我们在营林上不能提供肥沃的立地，那么杉木人工林资源将全面衰落，甚至可能基本毁灭。其次，这一特性使杉木人工林在立地上对“阔杂”有明确的依存关系。就是说，没有“阔杂”的迹地，很难找到适于杉木生长的肥沃土壤。

3 杉木人工林营林模式的历史发展

50年代以前，杉木人工林都是营造在“阔杂”的皆伐迹地上，常是选择山坡中腹以下和山洼等土壤肥沃而坡度较缓和冲刷较少之处小面积栽培，最多不过0.2、0.3hm²（三五亩）。也不实行多代连栽，而是一代两代，最多三代之后就撂荒而使其自然演替恢复“阔杂”，再寻求另外的肥沃“阔杂”迹地植杉。在没有逆向人为干扰的情况下，撂荒后“阔杂”及其地力的恢复约需60~100年。由于这种利用“阔杂”自然恢复地力的营林模式满足了杉木的喜肥沃土壤特性，所以就整个杉木产区而言，地力平衡得以维持，杉木得以长期多代栽培，没有地力退化的问题。

这种杉林和“阔杂”相依存的营林模式的形成符合当时当地的历史条件。当时我国南方山区经济很不发达，公路和铁路很少，交通闭塞，人口也远较目前为少。阔叶材和松材因难以水运，而松树又主要用于生产松脂，所以大面积“阔杂”能够保存下来。同时，杉林多属私有，杉木也因受水运能力的限制，只能少量栽培，提高材质。这样就使杉木产区杉林和“阔杂”之间在面积上能保持一个较为合理的比率（人工林率），使杉木栽培一直有着足够的土壤肥沃的良好后备造林地。

但是，进入50年代以后，以掠夺为基础的营林模式彻底打破了这一生态平衡。首先是大量公路和铁路修进了山区，木材陆运逐渐代替了水运。加上胶合板和造纸工业等的发展，以及小城镇薪炭林的需要，“阔杂”被大面积皆伐，即所谓“公路一通，山上空空”。在采伐迹地上，不论地形和土壤条件，一概实行所谓的“集中连片大面积植杉”，不少国营和集体的杉木林场就这样“轰轰烈烈地”建立起来。此外，大跃进时代的大炼钢铁，也毁灭了大面积的“阔杂”。其采伐迹地，当然也是优先植杉。于是南方的杉木人工林面积猛增。由于杉木短期

轮伐和林粮间作等的养分消耗，以及火烧清理、全垦整地、大穴造林和松土抚育等所造成的水土流失，有些地形部位，如陡坡、山脊和其它土层浅薄之处，即使一代杉木成材也很勉强。只有在土层深厚肥沃和坡度较为平缓之处，才可以再种第二代杉木。然而目前“阔杂”已经很少，有如杀鸡取卵，杉木产区的地力失掉了恢复的时间和空间，于是，林地退化问题日益严重起来。

4 出路的选择

由于短期轮伐和地力退化，我国不少重要杉木林区已经衰败或正在逐步衰败。即使现在开始对营林模式加以某些改进，如废除火烧清理、全垦整地、大穴造林和松土抚育，以及实行行间种少量阔叶树等，最多也许只能稍稍减缓地力退化的进程。何况就是这些改进，推行起来也并非易事。至于其它提高土壤肥力的措施，如施肥和间种绿肥等，且不说其效果如何，就是从经济上讲，目前也只能是小规模的试验而已。所以总的地力退化趋势，现已难以遏制，同时，残留的“阔杂”面积已经很少，杉木的良好后备造林地资源已经基本枯竭。在这种严峻的形势下，出路的选择当然是很艰难的。现在根据我们的调查，并参考其他研究者的建议^[6,7,8]，提出如下一些设想。

4.1 对已退化的杉木林地继续植杉并短期轮伐以生产小径材。当然，这大概是不得已的下策。

4.2 在因地力退化而不宜植杉的迹地上栽植国外松或更新马尾松。因为松树对贫瘠的立地适应性强，消灭荒山也用松树，所以松林面积目前在我国南方正在急剧膨胀，可能已达近代历史上的空前顶峰。

松林当然有它的重要作用。但是，特别是连片的松林其生态不稳定性早已为南方的林业工作者所熟知。首先是松毛虫为害难以控制，其次是松林的防火问题。此外，松林肥沃土壤的能力很差，加上松材也无法代替杉材，还有水源涵养效益更远不如“阔杂”，所以，大量增加松林面积充满风险，看来，这也非长久之计。

4.3 最根本的办法还是要恢复“阔杂”的地位，以便为杉木生产的重新发展建立基础。如何发展“阔杂”，可以根据不同情况，采取不同措施。

在陡坡、阳坡山腹以上和山脊等土层浅薄之处，可暂时保存现有松林，使其自然向“阔杂”演替，或稍加人工调节，如轻度择伐等。

对残存的“阔杂”成过熟林应停止大面积皆伐，只实行小面积皆伐或强度择伐。因为这种采伐破坏土壤的程度很轻，所以伐后一两年幼树就能很好更新，杉木也可萌生。以后再用作次生林改造的措施，如除伐、间伐、人工补杉或补阔等，使其再形成以阔叶树为主并混有杉、松的混交林。

对于土壤条件中等及中等偏下的阔松或松阔次生林可进行改造，使其逐步成为阔叶树为主的阔、松、杉混交林。对于土壤条件较好的松林，可以带状或块状伐除松树以补阔，亦可根据情况少量补杉，使其逐步改造成为阔松或松阔混交林。

对于土壤贫瘠的荒山松林以及由于不宜植杉而更新起来的松林，应使其有一段生长林下灌木杂草和阔叶幼树的时间（5~10年），然后再进行林中空地补阔。如果没有林中空地，则先带状或块状伐除松树，然后补阔。

采取上述措施首先要求封山。当然，为了供应当地农民生活用燃料，封山后需要划出一定面积的薪炭林。需要封山这可能是像我国这样林权（或使用权）责任不够清楚和森林法制不够健全国家的特有问題。在发达的资本主义国家，可能完全不存在封山的问题，因为