

森林土壤学科研究进展与展望

杨承栋

(中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

摘 要 重点论述森林土壤学科自新中国成立以来研究工作进展与未来的展望。近 60 年来,我国森林土壤科学工作者调查、研究了我国森林土壤资源的分布、土壤理化性质和生物学活性,提出了保护和合理利用森林土壤资源的综合技术途径与经营措施。在认识森林土壤分布规律的同时,不断地揭示不同立地条件下森林与土壤之间相互作用的动态变化规律。并依据森林土壤功能与其组成、结构、性质一致性原理,阐明人工林土壤质量演化过程与作用机理,调控森林土壤性质的动态变化,改良土壤性质,维护和恢复森林土壤功能,提高森林土壤生产力,不断地为林业生产实践提供科学依据和有价值的经营措施,实现永续经营。

关键词 森林土壤;土壤资源;微生物肥料;土壤质量

中图分类号 S791.27; S714 **文献标识码** A

森林土壤学是新中国成立后新兴起来的一门土壤学与林学之间的边缘分支学科,以土壤学科系统的先进的理论知识和实验技术,研究森林土壤的形成、分布及其基本性质,解决林业生产及不良立地条件下森林植被恢复中的实际问题,维护土壤功能,提高森林土壤生产力。张万儒等对我国天然林生长与土壤性质的关系作了详细论述^[1]。杨承栋依据森林土壤功能与其组成、结构、性质变化一致的原理,论述了人工林土壤组成、结构、性质变化与林木生长的关系^[2],揭示了调控不同林分类型人工林土壤功能动态变化规律与机理,从而为森林土壤资源的合理利用及可持续经营提供了科学依据和技术途径。

1 森林土壤研究工作进展

1.1 森林土壤学科研究进展概况

近 60 年来,我国森林土壤研究工作取得了显著的进展,揭示了我国森林土壤资源分布,提出了保护和合理利用、并改良森林土壤性质的技术途径与经营措施;对我国主要天然林及人工林的森林土壤生态系统进行了定位研究,揭示了森林与土壤相互作用的动态规律,为森林土壤管理及提高森林土壤生产力提供了科学依据;对我国广大造林地区进行了森林立地分类与质量评价研究工作,认真地研

究了国外林业发达国家森林立地类型的划分和立地质量的评价^[3],研讨并建立了“中国森林立地分类系统”以及森林立地分类、质量评价及应用技术体系^[4,5],为土壤-立地类型的综合分类及预测、预报森林土壤生产力和适地适树开辟了有价值的途径;对我国主要造林树种开展了合理施用化肥研究;与此同时,也开展了生物固氮、菌根、细菌肥料研制及其应用技术研究,系统地研究了我国主要造林树种杉木、杨树、桉树、落叶松、马尾松、湿地松等人工林及毛竹林土壤质量演化及调控机理^[6],为维护 and 恢复森林土壤功能、合理经营提供了可靠的科学依据。进行并完成了森林土壤分析方法标准化及森林土壤标准物质研究;开展了对盐碱地土壤的改良利用研究;对森林土壤污染及其防治技术措施进行了研究;开展了森林土壤分类研究,建立了我国森林土壤分类系统;开展了森林土壤碳储量研究、森林土壤利用对全球气候变化影响的研究等。

1.2 森林土壤资源分布与土壤性质研究

我国老一辈的森林土壤科学工作者,在新中国成立后,为查明我国森林土壤资源性质与分布,做了大量的调查研究工作,先后对东北、内蒙古林区,西南高山林区,东南低山、丘陵林区,西北高山林区和热带林区的森林土壤性质、水平分布和垂直分布做了大量的调查研究工作,基本查明我国森林土壤资源的分布状况,并对不同森林植被类型下的土壤

作者简介:杨承栋(1941~),男,安徽巢湖人,研究员,博士生导师,主要从事人工林土壤质量演化与调控机理以及森林土壤微生物方面的研究。E-mail: yangchd@forestry.ac.cn

收稿日期:2008-05-07;收到修改稿日期:2008-07-05

性质作了深入研究。在东北、内蒙古林区,调查了大兴安岭落叶松林下棕色针叶林土分布、小兴安岭及长白山红松针阔混交林下暗棕壤分布。在西南高山林区,调查了川西滇西北山地红壤、山地棕壤、山地暗棕壤、山地棕色暗针叶林土,调查了西藏东南部针叶林及常绿阔叶林下山地漂灰土、山地棕色暗针叶林土及山地黄壤分布。在东南低山、丘陵林区,调查了长江中下游松杉、阔叶林下红壤、黄壤、山地棕壤分布,南岭常绿阔叶林下黄壤、砖红壤性红壤分布,以及台湾亚热带常绿阔叶林下山地黄壤分布。在热带林区,调查了海南岛热带季雨林下砖红壤性红壤、砖红壤及山地黄壤分布,台湾热带季雨林下山地砖红壤性红壤、砖红壤分布,西双版纳热带季雨林下砖红壤性红壤及砖红壤分布。在华北和西北高山林区,调查了华北及黄河中游油松林、落叶阔叶林下棕壤及褐土分布,黄河上游及北龙河流域针叶阔叶林下山地灰褐色森林土及山地棕壤分布,祁连山针叶林下山地灰褐色森林土分布,新疆阿尔泰山、天山针叶林下山地灰褐色森林土及山地灰色森林土分布。张万儒等编著的《中国森林土壤》^[1],对我国主要天然林区森林土壤形成条件、森林土壤基本性质、森林土壤分布、森林与土壤的相互关系规律性等进行了详细论述,全面地阐述了我国森林土壤水平带和垂直带的分布规律。

1.3 森林土壤生态定位研究

森林土壤生态定位研究,是将森林土壤作为森林生态系统的组成部分来进行研究。鉴于树木生长的周期较长,一个轮伐期,少则几年、十几年,多则几十年。因此,仅凭一、两次调查数据来进行森林经营规划,制定营林措施,是很困难的。根据具体的水热、地形、地质和土壤条件以及树种的生物学特性,开展森林土壤生态定位研究,揭示在每年生长季节,随着林木生长、土壤水分含量变化状况、土壤养分含量变化状况,包括无机养分和有机养分,森林土壤生物学活性变化,土壤微生物区系及其属种变化,研究森林土壤水、肥、气、热的动态变化,并进一步研究这些动态变化与不同林分生长的关系,就显得十分必要。正因为如此,世界上林业发达的国家均十分重视森林土壤生态定位研究。我国早在20世纪50年代,就已认识到森林土壤生态定位研究工作的重要性,先后在西双版纳热带森林下的砖红壤,四川西部米亚罗林区岷江冷杉林下的山地棕色暗针叶林土,卧龙自然保护区森林土壤的垂直分布,大兴安岭兴安落叶松林下的棕色针叶

林土,小兴安岭带岭、帽儿山红松针阔叶混交林下的暗棕壤,长白山保护区垂直分布的森林土壤,章古台樟子松林下的风沙土,河南睢杞林场加拿大杨人工林下的砂质幼年潮土,山东冠县毛白杨人工林下的砂质黄潮土,湖南汉寿-69杨林下的灰潮土,祁连山青海云杉林下的山地灰褐色森林土壤,秦岭常绿、落叶阔叶林下的山地黄棕壤,江西大岗山一代、二代杉木林及其与阔叶树混交林、马尾松、毛竹林下的红壤^[6],江西九连山常绿阔叶林下的黄壤,广东鼎湖山季风常绿阔叶林下的砖红壤性红壤,海南岛尖峰岭热带季雨林下的褐色砖红壤等土壤,进行森林土壤生态定位研究工作^[7,8]。这些研究工作所累积的大量有价值的森林土壤定位观测研究资料,无疑将定量、动态地揭示森林生长与土壤性质变化的关系,为进一步提高森林土壤生产力提供可靠的科学依据。

1.4 开展了我国用材林基地立地分类、评价及适地适树研究

该项研究工作是国家“七五”重点科技攻关专题,其专题研究成果的主要技术经济指标为:(1)建立了我国森林立地分类系统,使我国森林立地分类的理论与方法更趋于完善,在技术上形成完整体系。(2)建立了森林立地评价系统,包括地位指数和数量化地位指数模型、标准收获量模型以及森林立地与立地质量树种代换评价体系表,使立地评价落实到产量。(3)建立了森林立地应用技术系统,这套系统包括森林立地分区、森林立地类型划分、森林立地质量评价、森林立地图的编绘、森林立地调查研究方法、适地适树规划和宜林地的树种选择及树种的宜林地选择、森林立地数据库。该研究成果于1991年通过林业部鉴定,认为整体上达到国际先进水平;在森林分类、森林立地质量评价及其应用技术紧密结合上,达到国际领先水平^[4]。

1.5 人工林土壤质量演化与调控机理研究

新中国成立以来,随着我国国民经济的飞速发展、人口的不断增加,对木材的需求量不断增长。这种形势下,天然林面积逐渐减少,人工林面积逐渐增大,我国人工林面积达到5000多万 hm^2 。面对迅速发展的人工林,由于缺乏经营人工林的成功经验、经营技术水平不高,兼之对某些树种特有的生物学特性尚不十分清楚,致使人工林土壤质量发生了较严重的地力衰退,具体表现为林木生长量逐代大幅度下降、土壤性质恶化,对有限可耕林地的永续经营构成严重威胁的威胁。杨承栋等著《中国主要

造林树种土壤质量演化与调控机理》^[6],较详细地论述了我国人工林主要造林树种杉木、桉树、杨树、落叶松、马尾松、湿地松等土壤质量演化过程及其调控技术途径与机理。这本书的出版,对于揭示我国人工林主要造林树种土壤质量演化过程、退化机理,维护我国人工林土壤功能,合理经营人工林,实现永续经营,将具有比较重要的理论价值和应用价值。

1.6 我国人工林施用化学肥料研究工作进展

我国从20世纪70年代开始逐渐有零星的林地施肥研究报道。80年代一些科研、生产、教学单位对我国主要造林树种如杉木、杨树、桉树、马尾松、湿地松等开展了施肥研究。“八五”期间林地施肥被列入国家攻关专题,对我国主要造林树种开展了N、P、K施肥试验,基本摸清一些树种的需肥规律及肥效,也取得了一些明显的增产效果。然而由于时间短和经费限制,未能取得系统性的研究成果,如对林木所需求的单一养分临界值就缺乏研究,这样势必造成某种程度的盲目施肥。又如有关林木营养诊断标准、营养元素动态平衡、肥效的持续性等方面也缺乏必要的研究。“九五”期间由于经费有限,仅对桉树、马尾松和杨树三树种肥效持续性以及营养诊断标准进行了初步研究,在此基础上开展了合理配方施肥,并获得了颇有价值的研究成果。在江汉平原三种不同的立地条件下,对杨树施肥的投入与产出比为1.5~1.10。马尾松施肥的研究结果表明,在肥力中等或较低水平的土壤立地条件下,利用营养诊断技术对筛选出的营养元素进行合理配方施肥,每 hm^2 林地可获得净收入5000~10000元。桉树人工林施肥,利用营养诊断技术,实行大量元素与微量元素平衡配方施肥,可增加桉树人工林产量20%以上。展望未来,尽快为我国主要造林树种建立营养诊断标准,并以营养诊断标准为依据,诊断养分亏缺、平衡状况,确定最佳施肥量、优化合理配方施肥、提高林木生长量,仍是摆在土壤科技工作者面前的重要任务。

1.7 我国微生物肥料研究工作进展状况

我国微生物肥料的研究应用与国际上一致,是从豆科植物应用根瘤菌接种剂开始的。20世纪50年代从苏联引进自生固氮菌、磷细菌和硅酸盐细菌菌剂,开始称为细菌肥料。60年代我国推广应用放线菌制成的5406抗菌素肥和固氮蓝藻肥。微生物种类已不限于细菌,于是改称为菌肥,泛指用各种微生物制成的菌剂和生物肥料。70~80年代科研

部门开始研究真菌制成的菌根,因而菌肥的概念又扩大到细菌、放线菌、真菌等多种微生物群。80年代中期至90年代,又相继应用联合固氮菌和生物钾肥。

关于菌根真菌在林业生产中的应用:我国林业生产建设中最早是将外生菌根真菌应用于马尾松、湿地松等针叶树种,取得了一定的增产效果。第九个五年计划期间,VA菌根真菌的研究被列入了“九五”国家攻关专题中的一个子专题,在VA菌根真菌的筛选和扩繁技术等方面取得了较明显的进展。然而,由于离体培养未解决,因此目前尚不可能进行工业化生产。

关于细菌肥料在林业生产中的应用:林业生产建设中研制应用细菌肥料,是从第九个五年计划开始的。我们回顾一下国际、国内细菌肥料研究的进展,不难发现细菌肥料虽然在国内外有较长的一段发展历史,但主要是应用在豆科植物上。而我国主要造林树种如马尾松、杉木、落叶松、杨树、桉树、红松、樟子松、云杉等均系非豆科树种。第九个五年计划期间,中国林业科学院林业研究所森林土壤研究室为我国纸浆材林非豆科树种马尾松、杨树、桉树和落叶松研制出系列多功能细菌肥料制剂,研制出的菌株不仅可以明显地增加林木生长量、增产幅度较大,而且具有很强的抗逆性能,如耐盐碱性能良好。森林土壤研究室在“九五”期间先后研制出的细菌肥料,从南到北,在我国桉树人工林、马尾松人工林、杨树人工林和落叶松人工林施用。由于这些菌肥均能产生生长刺激素、抗病等抗逆性能良好,其中部分还具有固氮、转化土壤中无效养分有效养分等功能,因此在大田试验中增产幅度较大。施用于幼树,当年增产幅度普遍在10%以上,增产幅度高的可达30%以上。全国人工林面积有5000多万 hm^2 ,施肥在人工林经营过程中是重要的经营措施,然而根据我们的国情,对大面积人工林施用化学肥料,目前还很不现实。细菌肥料具有用量少、使用方便,又不污染环境等优点,比较容易使用和推广。全国人工林如使用菌肥面积达到1%,则有近50多万 hm^2 林地施用菌肥。当前我们林业战线正面临新的机遇——开发我国西部地区。这些区域大部分均属于干旱或半干旱地区,雨量较少,土壤有不同程度的盐碱化,使用选育的抗逆性强、耐盐碱、抗干旱、刺激林木生长的菌剂,可提高造林成活率,促进林木生长,又不污染土壤,其应用前景将是难以估量的。选育的菌株可以离体培养,

且生长周期短,所用生产原料价廉易得,这些菌剂均可以实现工业化生产。

1.8 开展了我国不良立地区域森林植被恢复研究工作

不良立地区域,通常指的是干旱、半干旱区域,荒漠化区域以及盐碱地等。多年来我国森林土壤科学工作者,通过生物措施以及非生物技术途径,在不良立地条件区域恢复森林植被取得明显成效。在内蒙古科尔沁沙地,巴林右旗科技工作者利用耐旱的灌木,如小叶锦鸡儿、踏郎、黄柳等,营造了一片 3 000 ~ 4 000 hm² 灌木林,敖汉旗在一望无际的沙地上营造了一片面积约 3 hm² 樟子松获得成功。这些成功的范例,为不良立地区域植被的恢复提供了有价值的科学数据,也为大面积推广应用起到了示范作用。盐碱地是重要的土壤资源,我国有盐碱地约 2 600 万 hm²,盐碱地不良的理化性质影响着对盐碱地的开发利用。多年来土壤科技工作者通过工程措施、生物措施等有效技术途径,加快了盐碱地的改良步伐。我国森林土壤工作者于雷、孟康敏等,在北方沿海泥质海岸盐渍土改良利用中取得明显进展。在含盐量为 6 ~ 10 g kg⁻¹ 的盐碱地上,采用大穴整地栽植柃柳获得成功;在海滨盐碱地上采用筑台田、压稻乱,栽植沙枣取得成功。在植被恢复的同时,使土壤盐分含量和土壤 pH 下降,土壤有机质和全氮含量明显增加,土壤质地得到改良。这些研究结果均表明,通过生物措施改良盐碱地是十分有效的技术途径^[14]。

1.9 森林土壤学术讨论会推动学科向纵深领域发展

60年来,我国森林土壤科学工作者在认识森林土壤分布规律的同时,不断地揭示森林与土壤之间相互作用的动态变化规律,并依据森林土壤功能与其组成、结构、性质一致性原理,调控森林土壤性质的动态演化,不断地为林业生产实践提供科学依据和有价值的经营措施。在这期间内,森林土壤专业委员会,每四年召开一次全国性的大型学术讨论会,到目前为止,已有 9 次。每次学术研讨会,均根据当时的林业生产建设发展形势的需求,以及生产实践中所遇到的实际问题,提出每次学术讨论会研讨的主题,学术气氛很浓。这些学术讨论会,无论从提高森林土壤学科理论水平,还是从解决林业生产中的实际问题来看,其意义均是深远的。

第一次全国森林土壤学术讨论会于 1964 年在沈阳召开,出席会议的代表有来自全国各省、市、自

治区工作在科研、教学及生产单位的科技工作者 50 余人。这次学术讨论会,重点研讨我国不同林分类型森林土壤的分布、发生、形成、性质与改良,以及森林土壤研究方法。会议结束后,以非正式刊物形式铅印了与会代表 67 篇论文的论文摘要。

第二次全国森林土壤学术讨论会于 1978 年 10 月在杭州召开,出席会议的代表来自全国 26 个省、市、自治区 68 个单位共 105 余人。这次会议的主要任务是交流森林土壤科研成果,分析国内外研究动态和我国林业发展特点,提出森林土壤学科今后一段时期研究工作的重点和主攻方向。会议收到学术论文和研究报告共计 80 篇,其中包括森林土壤形成和基本性质、森林土壤生态、森林土壤生物、林木营养诊断及施肥、土壤分析方法、林木土壤条件及森林土壤研究动态。会后科学出版社出版了第二次全国森林土壤学术讨论会论文选编《森林与土壤》^[9]。

第三次全国森林土壤学术讨论会于 1982 年 10 月在重庆召开,出席会议的代表来自全国 20 个省、市、自治区,其中包括科研、教学、调查规划、林业生产及出版部门等 52 个单位共计 120 人,收到学术论文 106 篇。会议紧紧围绕恢复和发展森林资源这一中心议题,与会专家就我国森林土壤分布规律、基本性质、森林土壤资源合理利用、森林生长与土壤条件、森林土壤研究方法,以及大兴安岭冰缘环境等领域,展开了认真的讨论。会后林业出版社出版了第三次全国森林土壤学术讨论会论文选编《森林与土壤》^[10]。

第四次全国森林土壤学术讨论会于 1986 年 10 月在山西省原平县召开,来自全国 24 个省、市、自治区从事森林土壤科研、教学和生产单位专家、教授和科技工作者共计 110 人出席了会议,收到学术论文 107 篇。讨论会主题为:研讨我国主要造林树种的土壤立地条件,探讨扩大森林资源的途径。会议围绕着三个专题即森林土壤立地、森林土壤生态及森林土壤管理,开展了学术交流。会后林业出版社出版了第四次全国森林土壤学术讨论会论文选编《森林与土壤》^[11]。

第五次全国森林土壤学术讨论会于 1991 年 12 月在广西桂林召开,出席会议的代表有来自全国 23 个省、市、自治区的科研、教学、调查规划与生产管理等部门共 130 人,会议共收到论文 130 篇。会议主题为:提高土壤肥力,扩大森林资源。学术讨论共分为四个专题组:森林土壤与林木生长,森林立

地分类、评价及适地适树,森林土壤生态,以及林地培肥与林木营养。此次会议根据森林土壤学科发展的需要,在专业委员会之下设立两个学组,即林木施肥与林木营养学组和森林立地学组。会后中国科学技术出版社出版了论文选编《森林与土壤》^[12]。

第六次全国森林土壤学术讨论会于1995年10月在四川省雅安市召开,来自全国17个省、市、自治区从事科研、教学以及调查规划设计等单位的森林土壤工作者共计75人出席了会议,会议期间共收到学术论文56篇。讨论会的主题为:合理和永续利用我国森林土壤资源,提高我国森林土壤生产力。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。这次学术交流必将为我国合理利用森林土壤资源、提高森林土壤生产力、提高林木生产量,提供可靠的科学依据和成功的技术途径。为了鼓励广大青年科技工作者勇于创新,这次学术讨论会共评选出青年优秀论文11篇,其中一等奖2篇、二等奖4篇、三等奖5篇。会后中国科学技术出版社出版了论文选编《森林与土壤》^[13]。

第七次全国森林土壤学术讨论会于1999年12月在北京召开,出席这次会议的代表来自全国16个省、市、自治区的科研、教学、林业主管部门以及调查规划设计等单位,会议期间共收到学术论文40余篇。讨论会主题为:重点研讨森林土壤与林业建设。讨论会分为两个专题组,即森林土壤生态组和林木营养与施肥组。讨论会期间,与会代表还就森林土壤学科应如何发展、如何为开发我国中西部地区、为我国生态公益林和商品材建设发挥森林土壤学科的优势作用等议题开展了热烈的讨论。会后中国科学技术出版社出版了论文选编《森林土壤质量演化与调控》^[14]。

第八次全国森林土壤学术研讨会,在中国林学会、浙江省林业厅、浙江省德清县政府、德清县林业局、浙江省林业科学院、浙江省土壤学会的大力支持下,在德清县林业局的精心筹备下,于2005年1月在浙江省德清县隆重召开。来自全国高等院校、科研院所、林业管理部门,以及生产单位的专家、教授、科技管理工作共100多人出席了会议。其中,中青年专家占出席代表的90%以上,具有高级职称及博士学位的代表占90%以上。研讨会共收到研究论文28篇,论文质量整体水平较高。研讨会上,参会代表就森林土壤研究进展、森林土壤分类、森林土壤质量演化、土壤污染、土壤侵蚀、土壤水分、

盐碱地以及荒漠化土地等不良立地的改良、土壤碳、微生物肥料、根系研究以及人工林经营等内容,介绍了各自的研究成果,提出了自己的观点,整个研讨会讨论气氛热烈。会议期间与会代表还交流了今后森林土壤学科的教学与研究生教材的更新工作,考察了当地早园竹林基地、下渚湖湿地以及莫干山植被与地貌,并对这些地区今后的发展提出了建设性意见。综观整个研讨会过程,此次研讨会参会代表人数之多实属空前,土壤工作者们对森林土壤学科今后的发展方向,给予了极大的关注。研讨会紧密围绕林业六大工程建设,论述与交流各自的研究成果,反映出森林土壤学科在林业生产建设中的重要作用。森林土壤的研究领域,体现出学科向纵深方向发展、多学科相互交叉渗透,物理学、化学、数学、生物学、微生物学、植物生理学、保护学、遥感学、地质学、气象学等学科融合到森林土壤学科研究中。考虑到本次研讨会论文水平普遍较高,经与会代表建议,本次研讨会提交的论文在核心期刊《林业科学》以增刊形式于2007年正式出版。

第九次森林土壤学术讨论会,暨中国林学会、中国土壤学会森林土壤专业委员会委员扩大会议及学术讨论会,于2007年3月26日~3月28日,在海南省海口市胜利召开。出席这次会议的专家、学者来自全国17个省、市、自治区,其中研究员和教授有20位,副研究员和副教授有27位。海南省林业局周燕华副局长、浙江省林业厅吴鸿副厅长、海南省林业科学研究所王东明所长出席此次会议。森林土壤专业委员会主任杨承栋研究员在开幕式上致开幕词,周燕华副局长在开幕式上发表了热情洋溢的讲话。本次学术会议学术气氛很浓,共有19名专家、学者在会议上作了学术报告,重点就森林土壤发展方向和林业生产实践中所存在的实际问题进行了深层次研讨,其中包括论述我国森林土壤资源分布和开发利用、我国主要造林树种土壤质量演化过程与机理、防治土壤退化的技术途径、森林土壤质量演化与森林经营、荒漠化区域和盐碱地植被恢复过程与机理、森林土壤碳储量与森林经营、森林土壤管理、森林土壤污染与防治技术途径,以及森林土壤信息系统在土壤调查中应用等领域,展开了广泛的学术交流。

除每四年一次的全国森林土壤学术讨论会外,森林土壤专业委员会还经常举办一些专题性的学术讨论会:1984年在东北黑龙江省带岭举办了全国森林土壤分类学术研讨会,出席会议的代表来自全

国科研、教学及生产单位,共计 88人,会议结束后,以铅印形式编写了“中国森林土壤分类”。1985年在广西大青山召开了全国林木施肥学术研讨会,出席会议的代表 47人,分别来自全国的科研、教学及生产单位,重点研讨我国人工林主要造林树种合理配方施肥和营养诊断技术。1987年在湖北省桂花林、浙江宁波召开了全国用材林基地立地分类、评价及适地、适树研究学术讨论会,重点研讨土壤和地形条件变化与林木生长的关系,出席会议的 67位代表分别来自全国的科研、教学及生产单位。1987年在广东省鼎湖山树木园召开了全国森林土壤生态定位研究工作座谈会,出席会议有来自全国科研、教学人员,重点研讨森林土壤生态定位研究方法、工作方向及总结森林土壤定位研究成果。1994年森林土壤专业委员会森林立地学组在北京召开了森林土壤立地质量退化学术研讨会,重点研讨我国人工林地力衰退的原因机理及其防治的科学技术途径。

回顾森林土壤学科 60年的发展,不难看出我国森林土壤科学工作者通过大量的调查研究,在摸清我国森林土壤资源分布及其基本性质的基础上,为大规模的人工林营造以及适地、适树、适灌、适草等,从森林土壤科学方面提供了可靠的科学依据和有价值的经营措施;为合理地利用我国森林土壤资源,进一步地研究了森林生长与土壤性质变化之间的关系,我国主要造林树种土壤质量演化规律,研究了在不同立地条件下调控土壤性质变化的科学技术途径与机理。

2 森林土壤学科未来的特点与展望

2.1 森林土壤学科未来发展的特点

面对林业生产发展和生态环境的需求,森林土壤学研究呈现出新的特点:研究领域向纵深方向发展、向着交叉学科方面发展。物理学和数学进入森林土壤学科,引发了当今森林土壤学的数字化和信息化革命^[15]。森林土壤学研究呈现出模式化趋势,分子生物学逐渐进入森林土壤学科。森林土壤生物学活性变化逐渐引起普遍关注,化学、生物化学及微生物学引入,增强了森林土壤学科解决实际问题的综合能力。森林土壤学科研究定量化趋势日益明显,土壤质量演化及其调控机理研究逐渐地成为本学科研究的重点。动态、定位、长期地观测森林土壤质量演化及其与林木生长的关系,已是森

林土壤学科研究工作进一步系统化的重要标志,也是该学科长期面临的重要任务。

今后森林土壤学科的研究方向,重点将是研究森林土壤的组成、结构、性质变化和能量的循环及其与周围环境间的物质、能量的交换;研究我国不同热量带、不同立地条件下、不同树种、不同林分类型的经营模式对土壤性质和功能变化的影响及其调控技术途径与机理;维护和恢复森林土壤功能,合理地利用森林土壤资源、特别是不良立地条件区域的森林土壤资源;提高森林土壤生产力,保护好生态环境,实现永续经营。

2.2 建立我国森林土壤资源合理利用的综合评价及应用体系,构建森林土壤学数字化、信息化及模式化动态管理系统

2.2.1 建立我国山地森林土壤资源合理利用的综合评价及应用体系 研究建立我国森林土壤资源合理利用的综合评价及应用体系^[16],特别是研究建立我国山地森林土壤资源合理利用的综合评价及应用体系^[17],构建数字化、信息化及模式化动态管理系统,为林业六大工程建设提供科学依据和适用技术,具有重要的理论意义和实践意义。我国疆域辽阔,是一个多山的国家,山区面积约占国土面积的 2/3。森林主要分布在地,由于山区复杂的自然条件,造成我国森林土壤类型繁多,森林土壤资源十分丰富。包括我国主要森林土壤在内的林业用地面积约为 2.6亿 hm^2 ,生长在主要森林土壤类型上的有林地约为 1.2亿 hm^2 ,无林地,其中包括疏林地、灌木林地、采伐迹地、火烧迹地等约为 1.4亿 hm^2 。我国主要森林土壤资源分布,按地貌可分三大块^[11]:第一块是东部山地丘陵,它包括北自大小兴安岭、南到南岭山地一系列的低山丘陵地貌组合,是我国森林土壤集中分布区;第二块是西北高原山地,受水分条件限制,森林土壤只在一些山地呈带状分布;第三块是青藏高原,森林土壤主要分布于这些高山峡谷之间。合理利用上述三大块的森林土壤资源,建立综合评价及应用体系,对于林业六大工程建设、保护好生态环境,其意义是十分重大而深远的。

2.2.2 研究人工林土壤质量退化过程与机理,建立土壤质量评价指标与应用体系 研究我国人工林土壤质量退化的过程与机理,建立土壤质量评价指标体系,为退化森林土壤治理模式及配套技术措施的研制提供科学数据和依据,是森林土壤学科面临的重要任务。伴随着天然林面积逐渐缩小,人工

林面积逐渐增大,面对快速发展起来的人工林,由于经营技术水平不高,兼之对某些树种的特有的生物学特性尚不十分清楚,致使我国人工林单位面积蓄积量远低于世界平均水平,生长量逐代大幅度下降。

以主要造林树种为例,我国现有杉木(*Cunninghamia lanceolata* L. Hook.)人工林面积约 1 100 万 hm^2 ,约占我国人工林总面积 20%以上。杉木人工林地力衰退十分明显,第二代与第一代相比,生长量下降 10%~15%,第三代与第一代相比下降 30%~40%,病虫害发生严重。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(*Larix*)主要分布在我国北方丘陵山地,人工林面积约为 151.9 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,发现第二代与第一代相比,生长量普遍下降:胸径下降为 10.2%,树高下降为 7.8%,蓄积量下降为 15.1%。桉树(*Eucalyptus* spp.)人工林主要分布在我国南方 15 个省、区,人工林面积约为 154 万 hm^2 以上,仅次于印度和巴西,居世界第三位。巴西等国桉树人工林产量为 30~50 $\text{m}^3 \text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$,而我国的桉树人工林平均产量仅有 5~10 $\text{m}^3 \text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$,说明我国和国外尚有一定的差距。与此同时,也说明我国在提高单位面积林木生长方面,有着较大的增产潜力。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,第二代与第一代相比,生长量下降 10%~20%;第三代和第一代相比,生长量下降 30%。杨树(*Poplar tentosata* Carr)是我国华北地区主要造林树种,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%,土壤养分、特别是有机养分及生物学活性也有明显的下降。马尾松(*Pinus masoniana* Lamb)是我国松树中分部最广、数量最多的主要造林树种,是我国亚热带东部湿润地区典型的针叶树种。连茬马尾松人工林土壤速效 N、P、Ca、Mg 含量大幅度下降,土壤生物学活性明显降低。

面对人工林土壤质量退化严重,摆在森林土壤工作者面前的重要任务,是揭示我国人工林土壤质量退化过程与机理,在此基础上,建立土壤质量评

价体系,找出防治的技术途径、并阐明其作用机理^[6,18~21]。世界范围内人工林土壤质量退化,直接威胁着人类对有限的森林土壤资源的永续利用。目前国外林业发达的国家十分重视对森林土壤质量开展研究,重视对森林土壤质量演化开展研究^[21],特别关注森林土壤有机物组成、结构变化及其对土壤质量和林木生长的影响。研究我国人工林土壤质量状况,筛选我国主要造林树种土壤质量退化评价指标,建立分级标准,构建评价系统、监测系统和预警系统,阐明导致我国人工林土壤质量退化的原因与机理,找出治理模式及配套技术措施,使研究水平达到国际先进或领先水平,这是森林土壤学科未来相当长一段时间工作的重点,可谓是任重而道远。

2.2.3 研究不同立地条件下、不良立地区域的森林土壤退化过程与机理,建立不良立地条件区域森林土壤资源合理开发利用综合评价与应用体系 研究建立我国不良立地条件区域森林土壤资源合理开发利用的综合评价和应用体系,为林业六大工程建设提供科学依据和适用技术,也是森林土壤学科面临的主要任务。不良立地条件区域,通常指的是干旱和半干旱地区、盐碱化地区、荒漠化区域等,退化森林土壤造林更新难度大,严重地威胁着对有限林地资源的永续利用。这些区域主要分布在我国西部地区或中西部地区,据记载,我国黄河中游地区,在 3 000 年以前,森林覆盖率达到 50%以上,可以想象得到当年的山青水秀景色。本学科拟通过宏观与微观研究相结合、多学科交叉研究相结合,研究这些森林植被退化区域,特别是黄河中上游、长江上游不良立地条件区域,如土壤严重侵蚀区域、沙化区域、水土流失严重区域、土壤酸化严重区域、干旱和半干旱地区、荒漠化地区、盐碱化区域等。对这些地区开展立地条件类型划分、评价,在此基础上,研究退化区域土壤退化过程与机理,并运用动力学原理,为退化森林生态系统重建提供模拟和预测手段,进一步研究植被恢复系列技术的综合评价和应用技术体系,这些显然是摆在土壤科学工作者面前任重道远的研究课题。

2.3 研究主要造林树种土壤养分循环

研究我国主要造林树种土壤养分循环的主要过程、养分调控与机理,为速生丰产林工程建设开展合理施肥提供可靠的科学依据和适用技术,在速生丰产林经营中是十分重要的。森林土壤养分是林木生长的重要物质基础,研究不同造林树种、不

同林分类型森林土壤中养分输出与输入的关系,研究有机物质的分解和矿化及腐殖质合成状况,土壤生物代谢活动状况^[22]、土壤无机养分转化及其形态变化、对于揭示森林土壤养分变化过程与机理是十分重要的。许广山等曾就针阔混交林、常绿阔叶林等不同林分类型的森林土壤养分循环作了论述^[23,24],其研究成果为合理地调控森林土壤养分变化、正确地开展森林经营、保护好生态环境,将提供可靠的科学依据和有价值的经营措施。土壤养分是林木生长所需营养元素的源泉,林木在生长季节里,需要从土壤中吸收大量的氮、磷、钾、钙、镁及微量元素,因此,及时地根据具体的立地条件、树种的生物学特性,向土壤中定量地补充有机养分和无机养分,维护土壤中养分的动态平衡,对于提高林木生长量就显得十分重要。林地施用化肥,被认为是经营丰产林、提高林木生长量、维护地力的重要经营措施之一。通过合理施用化肥,使树木营养元素浓度保持适当的水平与比例,可实现高产、稳产。据统计,1970年,世界林地施用化肥的总面积为200万 hm^2 。世界上林业发达的国家对如何合理施肥、提高肥效做了很多系统的研究工作。Bowen等论述了人工林养分研究未来的发展方向^[25],Gose等论述生物因素对森林土壤养分供应的影响^[26],Nead论述了人工林营养诊断^[27];论述了有机物的生理活性和固氮作用^[28]。

2.4 不断挖掘森林土壤微生物基因资源,研制高效优质微生物肥料,阐明作用机理

研究森林土壤微生物基因资源,并对其功能进行开发,完成微生物肥料产业化生产,阐明微生物肥料维护、恢复土壤功能及提高林木生长量的作用机理,研制高效优质微生物肥料,一直为全世界森林土壤工作者所关注。微生物肥料,是指一类含有活微生物的特定制品,应用于农、林业生产中,能够获得特定的肥料效应。在该效应的产生中,制品中活微生物起着关键作用。微生物肥料种类:按微生物肥料制品中特定的微生物种类可分为细菌肥料、放线菌肥料以及真菌肥料等。国外对微生物肥料的研究和应用的历史较我国长,其主要产品是多种根瘤菌肥等。早在20世纪20年代,美国、澳大利亚等国就开始有根瘤菌接种剂(根瘤菌肥料)的研究和试用,一直到现在,根瘤菌肥料仍然是最主要品种。葛诚曾就国外微生物肥料的研究、生产和应用作了专门的论述^[29];吴建峰等论述了我国微生物肥料研究现状及发展趋势^[30]。Davey和Wollum论述

了人工林生态系统中生物固氮效应^[31],目前尚无准确资料说明世界上究竟有多少国家生产微生物肥料。据有关资料报道:目前至少有70多个国家研究生产根瘤菌菌肥等微生物肥料,如美国、英国、德国、日本、意大利、加拿大等。20世纪70年代非豆科作物楡科固氮在国际上引起很大的轰动。近20年来,国际上正在研究和探索植物根圈促生细菌,发现其中的细菌能促进生长、促进出芽、促进结瘤并能减少或降低一些病害作用,其单独使用或与其他微生物肥料复合使用,可能是一个发展趋势。微生物肥料在研究、生产和应用过程中,尚需探索如何提高微生物肥料产品质量的稳定性,进一步阐明细菌肥料维护、提高土壤功能的机理,揭示提高林木生长量的作用机理,以及在不同的立地条件下对不同生物学特性的树种应如何正确地使用细菌肥料等。这些均是有待进一步研究的重要问题。

2.5 高效优质新型复合肥料的研制、作用机理及其产业化研究

世界化肥的生产和使用经历三次变革:20世纪60年代之前,生产的化肥多为单一物质低浓度肥料;60~80年代,发达国家发展高浓度化肥和复合肥;最近20年,发达国家开始重点研究和开发缓释与控释肥料、有机复合肥料、功能性肥料、生物肥料等新型肥料。20世纪80年代以来,欧洲及美国、日本、以色列等发达国家,均将研究重点由科学施肥技术转向新型缓释与控释肥料的研制,力求从改变化肥自身的特性来大幅度提高肥料的利用率。我国的控释肥料技术总体水平不及发达国家,尤其在产业化方面差距较大。发达国家十分重视研究工厂化处理畜禽粪便技术,包括快速发酵技术、除臭技术、发酵养分保全技术、发酵设备、有机肥制作工艺设备与技术等。但是设备造价昂贵,运行成本较高。我国是传统有机肥生产和使用大国,目前我国复混肥厂家开始生产有机复合肥,原料主要是草炭和风化煤类。真正实行工厂化处理秸秆、畜禽粪便以及生产商品化有机肥的厂家还较少,且生产规模较小、效率低、污染严重。我国商品有机肥生产技术还处于起步阶段,发酵技术、除臭技术及关键设备等还有待完善。21世纪新型肥料研制生产应符合生态肥料工艺学的要求,新型肥料应是多功能性肥料。研制生物-有机-无机复合肥,应是新型肥料的重要研究方向之一。多功能肥料应是能有效提高土壤水分利用率、能提高肥料利用率、能改良

土壤结构、有效防治杂草以及具有抗病虫害等抗逆性强的肥料。在桉树和杨树施肥试验的实践中已发现,将施用的氮、磷、钾化肥与每 hm^2 施用 22.5 kg 固体菌肥相配合混施,18个月之后,质量好的菌肥与化肥混施较单纯施化肥,林木胸径增幅达到 36.13%,树高增幅达到 25.78%^[32]。在杨树的施肥试验中,也获得了类似研究结果。细菌肥料还对提高林地土壤微生物活性有显著影响。细菌肥料对林地土壤酶活性的影响也较大。不同种细菌肥料对林地 0~20 cm 土层中的磷酸酶、转化酶、多酚氧化酶、蛋白酶活性的增加有显著影响^[6]。

2.6 森林土壤污染及其防治技术的研究

大气污染物和酸沉降严重地影响森林生态系统和森林土壤性质与功能,已在世界范围内引起科学工作者普遍关注。大气污染和酸沉降,能通过 H^+ 积累引起土壤酸化,淋溶土壤中的营养物质,降低土壤盐基饱和度。土壤酸化所产生的活性铝离子会直接阻碍林木根系生长,并通过对土壤磷的固定造成磷缺乏;与此同时,向土壤中扩散有害的金属离子,从而影响林木生长。土壤是生态环境的重要组成部分,森林土壤污染也是当前面临的一个环境问题^[33]。常规的森林土壤污染治理技术包括物理治理技术、化学治理技术和生物治理技术。高太忠等论述了土壤重金属污染与治理^[34];李章良等论述了土壤污染的生物修复技术^[35];刘菊秀论述了酸沉降对森林生态系统影响^[36]。系统地分析研究森林土壤污染物的类型,科学地评价和具体的研究防治污染对策,是森林土壤工作者需要关注的领域。

2.7 森林土壤二氧化碳等温室气体排放的研究

由温室效应和全球气候自然振荡引起的未来全球气候、降水量的任何变化,均会在不同程度上影响土壤中根系、土壤动物、土壤微生物的呼吸过程和速率,从而影响土壤 CO_2 等温室气体的排放。因此,定量地研究我国不同森林植被带、不同林分类型、不同土壤类型 CO_2 等温室气体的排放量及其与环境因子变化的关系,对于评测陆地生态系统在全球碳循环中的功能和地位有着极其重要的意义^[37],也可为进一步研究我国乃至全球气候变化提供有价值的基础资料。

2.8 开展森林土壤根系分子生物学研究

随着林业生产建设的发展,人工林迅速发展,连茬林分逐渐增多,地力退化现象严重地威胁着对有限的可耕土地的持续经营。森林土壤性质变化

与林木生长的关系,主要是通过影响根系代谢活动进而影响林木生长,因此研究林木根系生长发育状况,特别是从分子生物学角度研究、分析根系代谢活动的变化,对于阐明森林土壤性质变化对林木生长的影响,揭示人工林地力退化机理,其研究意义是十分深远的。

2.9 动态、定位、长期地观测森林土壤性质变化及其与周围生态环境的关系

自 80 年代以来,森林土壤与生态环境关系引起社会普遍关注,该研究领域拟就以下与全球气候变化相关、与土壤健康和土壤质量有关的几个领域,进行系统的研究。

2.9.1 森林土壤 C、N 元素的生物地球化学循环及其与环境的关系 研究我国主要造林树种森林土壤 C、N 元素的生物地球化学循环,重点研究不同森林经营方式或干扰对森林生态环境变化影响的过程与机理,阐明森林土壤 C、N 循环对全球气候变暖的影响。

2.9.2 城市污泥在林地中的利用 研究城市污泥在林地中的利用(或其他污染途径)对土壤健康的影响,重点探讨污泥林地利用的可行性,并确定污泥的施用量和施用时期等。制定污泥林地施用标准规范,为污泥的长期安全使用提供科学依据。

2.10 关于森林土壤学科分类研究

我国森林土壤现行的分类依据是发生学,即依据不同气候植被带对我国森林土壤类型进行分类,鉴于该方法只能是大范围的对森林土壤进行分类,在实际操作过程中尚存在一些缺点和错误。国际上目前已有众多国家采用土壤诊断层特征法对森林土壤进行系统分类,我国森林土壤分类应如何与国际接轨?我国辛刚等论述了中国土壤诊断分类研究进展^[38],我国著名土壤分类专家龚子同、张甘霖主持的“中国土壤系统分类研究”,2005年获国家自然科学基金二等奖。该项目的研究成果,对于开展我国森林土壤的系统分类,具有重要的理论价值和实用价值。认真地开展我国森林土壤系统分类,使我国森林土壤分类与国际接轨,采用以土壤诊断层和诊断特征为基础、进行森林土壤系统分类势在必行。

2.11 探索现代森林土壤研究中新的实验技术

随着林业生产的发展,人工林土壤质量演化过程与机理、天然林土壤性质演化过程与机理、不良立地条件区域土壤功能退化过程与机理,均需要森林土壤学科去认真研究。然而应用传统的理化性

质及生物活性分析方法,很难完满地解决森林土壤学科面临的任务。因此,森林土壤学科需要研究新的实验技术,去解决林业生产实践所遇到的具体问题。

参考文献

- [1] 张万儒主编. 中国森林土壤. 北京: 科学出版社, 1986. Zhang W R. ed Chinese Forest Soil (In Chinese). Beijing: Science Press, 1986
- [2] 杨承栋, 张小全, 魏以荣, 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, 1993, 32 (2): 175 ~ 181. Yang C D, Zhang X Q, Wei Y R, *et al* The composition, structure, various properties of forest plantation of Chinese fir of send rotation and influence on forest growth (In Chinese). Scientia Silvae Sinicae, 1993, 32 (2): 175 ~ 181
- [3] Carmean W H. Forest site quality evaluation in the Unite State. Adv Agron , 1975, (27): 254 ~ 255
- [4] 张万儒主编. 中国森林立地. 北京: 科学出版社, 1997. Zhang W R. ed Chinese Forest Site (In Chinese). Beijing: Science Press, 1997
- [5] 杨承栋. 对我国立地分类与评价问题的几点看法. 林业科学, 1991, 27 (1): 60 ~ 64. Yang C D. Opinions on Chinese forest site classification and evaluation (In Chinese). Scientia Silvae Sinicae, 1991, 27 (1): 60 ~ 64
- [6] 杨承栋, 等著. 中国主要造林树种土壤质量演化与调控机理. 北京: 科学出版社, 2008. Yang C D, *et al* ed The Evolution and Regulation Mechanism of Soil Quality of Main Forestry Plantation Species (In Chinese). Beijing: Science Press, 2008
- [7] 蒋有绪主编. 中国森林生态系统结构与功能规律. 北京: 中国林业出版社, 1996. Jiang Y X. ed The Law of Structure and Function of Chinese Forest Ecosystem (In Chinese). Beijing: China Forestry Press, 1996
- [8] 李昌华. 杉木人工林和阔叶杂木林土壤养分平衡因素差异的初步研究. 土壤学报, 1981, 18 (3): 255 ~ 261. Li C H. The preliminary study of the different soil nutrient equilibrium between Chinese fir plantation and mixed broad leaved forest (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1981, 18 (3): 255 ~ 261
- [9] 宋达全主编. 森林与土壤 (第二次全国森林土壤学术讨论会论文选编). 北京: 科学出版社, 1981. Song D Q. ed Forest and Soil (In Chinese). Proceedings of the 2nd National Conference of Forest Soil Beijing: Science Press, 1981
- [10] 宋达全主编. 森林与土壤 (第三次全国森林土壤学术讨论会论文选编). 北京: 中国林业出版社, 1985. Song D Q. ed Forest and Soil (In Chinese). Proceedings of the 3rd National Conference of Forest Soil Beijing: China Forestry Press, 1985
- [11] 张万儒主编. 森林与土壤 (第四次全国森林土壤学术讨论会论文选编). 北京: 中国林业出版社, 1990. Zhang W R. ed Forest and Soil (In Chinese). Proceedings of the 4th National Conference of Forest Soil Beijing: China Forestry Press, 1990
- [12] 张万儒, 刘寿坡主编. 森林与土壤 (第五次全国森林土壤学术讨论会论文选编). 北京: 中国科学技术出版社, 1992. Zhang W R, Liu S P. eds Forest and Soil (In Chinese). Proceedings of the 5th National Conference of Forest Soil Beijing: China Science and Technology Press, 1992
- [13] 杨承栋, 罗承德主编. 森林与土壤 (第六次全国森林土壤学术讨论会论文选编). 北京: 中国科学技术出版社, 1997. Yang C D, Luo C D. eds Forest and Soil (In Chinese). Proceedings of the 6th National Conference of Forest Soil Beijing: China Science and Technology Press, 1997
- [14] 杨承栋主编. 森林土壤质量演化与调控 (第七次全国森林土壤学术讨论会论文选编). 北京: 中国科学技术出版社, 2002. Yang C D. ed The Evolution and Regulation Mechanism of Forest Soil Quality (In Chinese). Proceedings of the 7th National Conference of Forest Soil Beijing: China Science and Technology Press, 2002
- [15] 石元春. 土壤学的数字化和信息化革命. 土壤学报, 2000, 37 (3): 289 ~ 295. Shi Y C. Revolution of digitization and informatization in pedology (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2000, 37 (3): 289 ~ 295
- [16] 杨承栋. 合理利用森林土壤资源提高森林土壤生产力的研究. 世界林业研究, 1998, 11 (4): 35 ~ 41. Yang C D. A review of research in the reasonable utilization of forest soil resources and enhancement of forest soil productivity (In Chinese). World Forestry Research, 1998, 11 (4): 35 ~ 41
- [17] 张万儒, 刘寿坡, 李贻铨, 等. 我国山地森林土壤资源及其合理利用. 资源科学, 1984, (4): 9 ~ 18. Zhang W R, Liu S P, Li Y Q. *et al* Chinese mountainous forest soil resources and its reasonable utilization (In Chinese). Resources Science, 1984, (4): 9 ~ 18
- [18] 中国科学技术协会学术工作部编. 中国土地退化防治研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1990. The Science Department of China Association for Science and Technology. ed Research on Land Degeneration 's Prevention of China (In Chinese). Beijing: China Science and Technology Press, 1990
- [19] 陈炳浩. 我国人工林土地退化的现状、原因及防治对策. 见: 盛炜彤主编. 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1990. 20 ~ 26. Chen B H. The reality, causes and countermeasures of plantation 's land degeneration (In Chinese). In: Sheng W T. ed Researches on Land Degradation in Forest Plantations Beijing: China Science and Technology Press, 1990. 20 ~ 26
- [20] 杨承栋. 人工林地力衰退研究. 见: 杨承栋, 罗承德主编. 森林与土壤. 北京: 中国科学技术出版社, 1997. Yang C D. Researches on land degradation in forest plantations (In Chinese). In: Yang C D, Luo C D. eds Forest and Soil Beijing: China Science and Technology Press, 1997
- [21] Evans J. Plantation Forestry in the Tropics New York: Oxford University Press, 1992
- [22] P 《Hayka》, 1990
- [23] 许广山, 张玉华, 刘春萍. 长白山阔叶红松林养分循环研究. 见: 杨承栋, 罗承德主编. 森林与土壤. 北京: 中国科学技术出版社, 1997. 48 ~ 53. Xu G S, Zhang Y H, Liu C P. Research on nutrient cycling of broad-leaved Korean pine forest on Changbai

- Mountain (In Chinese). In: Yang C D, Luo C D. eds Forest and Soil Beijing: China Science and Technology Press, 1997. 48 ~ 53
- [24] 陈毓竣,李贻铨,杨承栋. 中国林木施肥与营养诊断研究现状. 世界林业研究, 1998, (3): 58 ~ 65. Chen H J, Li Y Q, Yang C D. Status of the research in fertilization and nutrient diagnosis of forest soil in China (In Chinese). World Forestry Research, 1998, (3): 58 ~ 65
- [25] Bowen G D, Nambiar A G. Future direction in plantation nutrition research. In: Bowen G D, Nambiar E K S. Nutrition of Plantation Forest London: Academic Press, 1989. 489 ~ 505
- [26] Gose J R. Biological factors influencing nutrient supply in forest soils. In: Bowen G D, Nambiar E K S. Nutrition of Plantation Forests London: Academic Press, 1989. 119 ~ 146
- [27] Mead D J. Diagnosis of nutrient deficiencies in plantation. In: Bowen G D, Nambiar E K S. Nutrition of Plantation Forests London: Academic Press, 1989. 259 ~ 291
- [28] . . . : 《Hayka》, 1990. 34 ~ 78
- [29] 葛诚. 国外微生物肥料的研究和生产应用. 国外畜牧学——草原和牧草, 1994(3): 6 ~ 12. Ge C. Research on global microbial fertilizer and application (In Chinese). Global Zootechnics-Grassland and Pasturage, 1994(3): 6 ~ 12
- [30] 吴建峰,林先贵. 我国微生物肥料研究现状及发展趋势. 土壤, 2002, 34(2): 68 ~ 73. Wu J F, Lin X G. Reality and development tendency of microbial fertilizer in China (In Chinese). Soils, 2002, 34(2): 68 ~ 73
- [31] Davey A G, Wollum A G. Nitrogen fixation systems in forest plantations. In: Bowen G D, Nambiar E K S. Nutrition of Plantation Forests London: Academic Press, 1989. 361 ~ 379
- [32] 杨承栋,焦如珍,孙启武. 关于细菌肥料促进尾叶桉生长效应的研究. 见:杨承栋主编. 森林土壤质量演化与调控. 北京: 中国科学技术出版社, 2002. 163 ~ 167. Yang C D, Jiao R Z, Sun Q W. A study on bacterial fertilizer in promoting Eucalyptus urophylla growth (In Chinese). In: Yang C D. ed. The Evolution and Regulation Mechanism of Forest Soil Quality. Beijing: China Science and Technology Press, 2002. 163 ~ 167
- [33] 骆士寿,吴仲民,徐义刚,等. 大气污染对珠江三角洲森林及土壤影响的初步研究. 生态科学, 2001, 20(1/2): 11 ~ 16. Luo T S, Wu Z M, Xu Y G, et al. Preliminary study of the effect of the atmospheric pollution on forest and soil in the region of Zhujiang delta (In Chinese). Ecological Science, 2001, 20(1/2): 11 ~ 16
- [34] 高太忠,李景印. 土壤重金属污染研究与治理现状. 土壤与环境, 1999, 8(2): 137 ~ 140. Gao T Z, Li J Y. A current research remediation methods of heavy metal contaminated soil (In Chinese). Soils and Environment, 1999, 8(2): 137 ~ 140
- [35] 李章良,孙佩石. 土壤污染的生物修复技术研究进展. 生态科学, 2003, 22(2): 189 ~ 192. Li Z L, Sun P S. Advances on the phytoremediation of contaminated soil (In Chinese). Ecological Science, 2003, 22(2): 189 ~ 192
- [36] 刘菊秀. 酸沉降对森林生态系统影响的研究现状及展望. 生态学杂志, 2003, 22(5): 113 ~ 117. Liu J X. The present situation and perspective of the studies on the effect of acidic deposition on forest ecosystem (In Chinese). Chinese Journal of Ecology, 2003, 22(5): 113 ~ 117
- [37] 周国模,刘恩斌,余光辉. 森林土壤碳库研究方法进展. 浙江林学院学报, 2006, 23(2): 207 ~ 216. Zhou G M, Liu E B, She G H. Progresses of studies on forest soil carbon (In Chinese). Journal of Zhejiang Forestry College, 2006, 23(2): 207 ~ 216
- [38] 辛刚,张之一. 中国土壤诊断分类研究进展. 黑龙江八一农垦大学学报, 2002, 14(3): 1 ~ 4. Xin G, Zhang Z Y. Advances on classification of soil's diagnose in China (In Chinese). Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2002, 14(3): 1 ~ 4

ADVANCES IN AND PROSPECTS OF FOREST SOIL RESEARCH

Yang Chengdong

(Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract Advancement in and prospect of forest soil research since 1949 are discussed. In the past 60 years, Chinese researchers in this field have been investigating and studying distribution of soil resources in China and physico-chemical properties and bio-activity of the soils, and have developed comprehensive technical and management means for protection and utilization of the resource. At the meantime, while exploring regulations of the distribution, the researchers have steadily uncovered dynamic rules of the interaction between forest and soil under different site conditions. And based on the principle of coincidence between the functions of a forest soil and its composition, structure and property, the researchers have expounded process of the evolvement of soil quality of forest soils and mechanism of the function with a view to regulate dynamic variation of forest soil properties for amelioration, maintaining and restoring their function, improving their productivity, and providing scientific basis and valuable management measures for realization of sustainable development of forest productivity practice.

Key words Forest soil; Soil resource; Microbial fertilizer; Soil quality