



人工林土壤质量 演变与调控

陈立新 著
杨承栋 主审



科学出版社
www.sciencep.com

国家自然科学基金项目(30271070)

人工林土壤质量演变与调控

陈立新 著
杨承栋 主审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书全面系统地研究了落叶松人工林在不同时间尺度上的土壤质量动态变化规律以及发展趋势,深入探讨了人工林土壤质量演变的内在机制以及演变规律与林木生长的关系,并对人工林土壤质量进行了综合评价,找出了引起土壤质量下降的主要影响因子,从而提出与之相应的调控措施。为实现落叶松人工林持续经营、地力维持和生产力的提高提供了基础数据和理论依据。

本书可作为大专院校土壤、森林培育、森林生态等专业师生以及科研院所研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

人工林土壤质量演变与调控/陈立新著. —北京:科学出版社,2004
ISBN 7-03-013280-7

I. 人… II. 陈… III. 落叶松-人工林-森林土-研究 IV. S714

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 039626 号

责任编辑:韩学哲 李久进/责任校对:刘艳妮

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年9月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2004年9月第一次印刷 印张: 12

印数: 1—1 000 字数: 224 000

定价: 38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

序

落叶松(*Larix olgensis*)是我国东北地区主要的造林树种之一。落叶松人工林树种单一、群落结构简单、生物多样性低、稳定性差、病虫害严重和人工林地力下降等一系列问题,已引起学术界的普遍关注。尤其是对落叶松人工林不合理的经营,已导致潜在的土壤质量降低,较为严重地威胁着落叶松人工林生态系统的可持续经营。迄今为止,关于落叶松人工林土壤质量降低的原因、内在机制以及不同发育阶段土壤质量的变化规律尚不十分清楚。研究落叶松人工林土壤质量降低的原因,揭示落叶松人工林林地土壤和根际微生态土壤质量变化规律以及与森林生产力变化关系,建立合理的调控技术措施以及落叶松林地土壤质量变化预测模型,实现落叶松人工林持续速生丰产,林地长期持续经营和利用,具有重要的理论价值和实践意义。尤其在资源短缺、环境恶化和木材供需矛盾紧张,实行短轮伐期经营十分迫切的情况下,研究人工林林地土壤质量变化规律与调控措施就显得更加必要。

陈立新以吉林省土们岭林场和东北林业大学帽儿山实验林场老山人工林试验站落叶松人工林作为主要研究对象,系统地研究了落叶松人工林不同发育阶段土壤有机磷分组和无机磷分组,从磷形态变化的角度寻找土壤质量变化的内在动力。研究发现落叶松人工林不同发育阶段对土壤无机磷形态的吸收是有选择性的,中龄林和近熟林林木以吸收 Fe-P 为主,成熟林林木以吸收 Al-P 和 Ca-P 为主;以前国内对落叶松人工林土壤酸度变化的研究主要集中在土壤活性酸(pH)的变化上,而对潜性酸中的交换性氢、交换性铝以及土壤水解性总酸度的研究尚无人涉及,该项研究填补了这方面的空白;土壤质量与林木生长量关系的研究以往通常运用线性回归分析的方法建立二者的回归模型,而通过主分量分析把原来土壤质量的多个指标化为少数几个相互独立的综合指标,用其各主分量累积贡献率达到 85% 的前几个主分量的负荷量作自变量,将落叶松人工林幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林以及二代林 5 个森林类型的优势木胸径、树高生长量作因变量,应用 SPSS 统计软件的逐步回归方法,筛选出影响落叶松人工林优势木生长的主要主分量,即主要土壤质量综合因子,这是土壤质量与林木生长量关系研究中的一种新的尝试,所得结果更能综合反映两者的内在联系,研究证明该方法是可行的;在微生物试验过程中,作者发现了二代落叶松幼龄林根际与非根际土壤放线菌类群中新增加了蓝色类群(*Cyaneus*),这是一代落叶松人工林不同发育阶段所没有的放线菌类群,也是产生二代效应问题的根本原因所在。通过对生物和施肥等调控措施的研究,找出最佳生物调控措施,为落叶松人工林的持续经营,维持地力和生产力的提高提供基础数据和理论依据。以上研究表明,陈立新以新的视角研究分析东北地区落叶

松人工林连续经营取得了可喜的成果。

陈立新从理论与实践结合的角度回答了学术界关注的热点问题,这不仅对合理和科学地经营东北地区落叶松人工林具有重要的理论意义,而且对提高落叶松人工林林地生产力,防止地力衰退和维持人工林长久土壤肥力具有实践上的指导作用。该专著应该说是目前我国关于东北地区人工林土壤质量研究的一部有新发现、新进展的重要著作。该著作的学术思想和关于人工林土壤质量变化的理论对其他地区人工林的培育、经营和管理也具有重要的参考价值。我为陈立新的研究成果和该著作的问世欣然提笔为序。

中国科学院院士



2003年11月10日

前 言

土壤质量是森林生态系统可持续发展的基础,同时,生态系统组成、结构与功能的变化又影响和制约着土壤质量演变的方向和强度。研究现行技术条件下土壤质量的演变规律及机理是建立科学的土壤质量调控体系的基础与前提,也是近年来国际土壤学研究的热点与前沿。本书以东北地区主要的造林树种——落叶松为重点研究对象,采用固定与典型样地调查、室内化验和多元统计分析相结合的方法,对东北地区山地不同生长发育阶段的落叶松人工林(幼龄林、中龄林、近熟林和成熟林)和二代落叶松幼龄林以及和二代落叶松幼龄林相邻属同一采伐迹地上造林的樟子松幼龄林、天然次生林、落叶松水曲柳混交林等 8 个森林类型的土壤质量进行了对比与分析,从土壤物理性质、化学性质、生物活性和生产力等方面,深入探讨了落叶松人工林土壤质量演变规律、机理以及与森林生产力变化的关系,并提出了相应的林地土壤质量调控措施以及相应的调控措施对林地土壤质量的影响。

全书共由 12 章组成:第 1 章提出了人工林土壤质量的概念;第 2 章介绍了研究地区自然概况和研究方法;第 3 章至第 8 章研究了人工林土壤物理性质质量、土壤化学性质质量、土壤生物活性质量的演变规律,并对土壤有机磷形态、无机磷形态演变规律进行了深入地探讨。土壤有效磷的降低、交换性铝的增加是落叶松成熟林土壤质量降低的根本原因。在微生物试验过程中,发现了二代落叶松幼龄林根际与非根际土壤放线菌类群中新增加了蓝色类群,是一代落叶松人工林不同发育阶段所没有的放线菌类群,也是产生二代效应问题的根本原因所在;第 9 章对不同森林类型、不同发育阶段的土壤质量进行了主分量分析,筛选出了不同发育阶段对林地土壤质量起主导作用的土壤综合因子,并运用主分量分析对不同森林类型的土壤质量进行综合评价;第 10 章研究了人工林不同发育阶段林木生长量、生物量的变化规律;第 11 章应用多元统计分析方法,建立了落叶松人工林土壤质量变化规律与林木生长量关系的模型;第 12 章采用抚育间伐、混交等生物调控和施肥调控等措施,对林分结构、组成以及林地土壤质量进行了调控,并探讨了林地土壤质量对这些调控措施的响应。

本书是根据国家自然科学基金项目(30271070)的部分研究成果撰写而成。该项目深受导师杨承栋研究员、盛炜彤研究员、孟平研究员的悉心指导和热情关怀,在土壤微生物试验中焦如珍副研究员给予了无私的帮助,在此表示诚挚的谢意。

陈立新

2003 年 12 月

目 录

序

前言

1 引言	1
1.1 林地土壤质量概念	1
1.2 土壤质量研究现状及发展趋势	2
1.2.1 国外研究现状及发展趋势	2
1.2.2 国内研究现状及发展趋势	3
主要参考文献	6
2 研究地区自然概况和研究方法	9
2.1 自然概况	9
2.2 研究方法	9
2.2.1 实验样地的设置和样品的采集	9
2.2.2 平均优势木生物量和林下植被生物量测定	11
2.2.3 凋落量及凋落物分解速率的测定	12
2.2.4 施肥实验设计	12
2.2.5 土壤养分的测定	13
2.2.6 土壤微生物的测定	15
2.2.7 土壤酶活性的测定	15
2.2.8 土壤物理性质的测定	15
2.2.9 土壤酸度的测定	15
2.2.10 土壤腐殖质组成的测定	16
2.2.11 土壤氨基酸的测定	16
2.2.12 凋落物营养元素含量的测定	16
2.2.13 施肥植物样品采集与养分测定方法	16
2.2.14 光合速率、蒸腾速率及呼吸速率测定	16
2.2.15 叶绿素含量测定	18
2.3 总体技术路线	18
主要参考文献	18
3 土壤有机质演变规律	19
3.1 土壤有机质演变	19
3.2 土壤腐殖质组成演变	20

3.2.1	腐殖酸碳量演变	20
3.2.2	胡敏酸组分演变	23
3.2.3	富里酸组分演变	24
3.2.4	胡敏素演变	25
3.2.5	HA/FA 值演变	26
3.3	落叶松人工林土壤有机质、腐殖质组成与林龄的关系	27
3.4	小结	27
	主要参考文献	29
4	土壤酸度质量演变规律及与磷形态的相关关系	30
4.1	土壤活性酸的演变	31
4.2	土壤交换性酸的演变	33
4.2.1	交换性氢的演变	34
4.2.2	交换性铝的演变	36
4.2.3	土壤有机质含量对交换性铝的影响	38
4.2.4	土壤活性酸对交换性铝的影响	38
4.3	土壤水解性总酸度的演变	40
4.4	交换性酸与总酸度比值的演变	41
4.5	落叶松人工林土壤酸度与林龄的关系	42
4.6	土壤腐殖质组成对土壤酸度的影响	43
4.7	土壤酸度质量的演变与磷形态的相关关系	43
4.7.1	土壤酸度质量的演变与磷有效性的相关关系	43
4.7.2	土壤酸度质量的演变与土壤无机磷形态的相关关系	45
4.7.3	土壤酸度质量的演变与土壤有机磷形态的相关关系	47
4.8	小结	49
	主要参考文献	51
5	土壤生物活性质量的演变规律	53
5.1	土壤微生物数量与种类的演变	53
5.1.1	土壤细菌数量的演变	53
5.1.2	土壤真菌数量的演变	55
5.1.3	土壤放线菌数量和种类的演变	55
5.1.4	土壤三大类微生物数量的演变	58
5.1.5	土壤微生物数量与林龄的关系	59
5.2	土壤酶活性的演变	60
5.2.1	磷酸酶活性的演变	60
5.2.2	过氧化氢酶活性的演变	62
5.2.3	多酚氧化酶活性的演变	63

5.2.4	转化酶活性的演变	63
5.2.5	脲酶和蛋白酶活性的演变	64
5.2.6	酶的活性与林龄的关系	64
5.3	小结	65
	主要参考文献	66
6	土壤养分质量的演变规律	69
6.1	土壤有机氮——游离氨基酸的演变	69
6.2	土壤水解氮含量的演变	70
6.3	土壤磷形态演变	72
6.3.1	土壤全磷含量的演变	72
6.3.2	土壤有机磷总量的演变	73
6.3.3	土壤有机磷形态、有效性及其相互关系的演变	74
6.3.4	土壤无机磷总量的演变	78
6.3.5	土壤无机磷形态及其相互关系的演变	78
6.3.6	土壤有效磷含量的演变	82
6.3.7	土壤磷形态间相互关系的演变	83
6.3.8	土壤磷形态与林龄的关系	84
6.3.9	根际土壤微生物对磷的生物有效性的影响	85
6.3.10	二代林土壤各形态磷含量的演变	86
6.4	土壤速效钾含量的演变	88
6.5	小结	89
	主要参考文献	91
7	土壤物理性质质量的演变	94
7.1	土壤容重的演变	94
7.2	土壤水分物理性质的演变	94
7.3	土壤孔隙度的演变	95
7.4	小结	96
	主要参考文献	96
8	土壤质量演变规律与土壤酶活性的相关关系	97
8.1	土壤磷形态与土壤酶活性的相关关系	97
8.1.1	土壤全磷、无机磷形态与磷酸酶活性相关关系	97
8.1.2	土壤有机磷形态与土壤磷酸酶活性的相关关系	99
8.1.3	土壤磷形态与土壤转化酶活性的相关关系	100
8.2	土壤有机质、腐殖质组成与土壤酶活性的相关关系	101
8.2.1	土壤有机质与土壤酶活性的相关关系	101
8.2.2	土壤腐殖质组成与土壤酶活性的相关关系	102

8.3	土壤水解氮与土壤酶活性的相关关系	104
8.4	小结	104
	主要参考文献	106
9	落叶松人工林土壤质量的主分量分析	107
9.1	落叶松人工林不同发育阶段土壤质量主分量分析	108
9.1.1	幼龄林土壤质量的主分量分析	109
9.1.2	中龄林土壤质量的主分量分析	110
9.1.3	近熟林土壤质量的主分量分析	112
9.1.4	成熟林土壤质量的主分量分析	113
9.1.5	二代林地土壤质量的主分量分析	115
9.2	不同森林类型土壤质量的主分量分析	116
9.3	小结	122
	主要参考文献	123
10	人工林林地生产力的变化	124
10.1	不同森林类型林下植被生物量的变化	124
10.1.1	落叶松人工林不同发育阶段林下植被生物量	124
10.1.2	落叶松二代人工林林下植被生物量	125
10.2	不同森林类型平均优势木生物量的变化	125
10.2.1	落叶松人工林不同发育阶段平均优势木生物量	125
10.2.2	落叶松二代人工林平均优势木生物量	125
10.3	不同森林类型平均优势木生长量的变化	126
10.3.1	落叶松人工林不同发育阶段平均优势木生长量	126
10.3.2	落叶松二代人工林的平均优势木生长量	129
10.4	小结	132
	主要参考文献	132
11	落叶松人工林土壤质量演变规律与林木生长量关系的模型	133
11.1	不同发育阶段土壤养分与林木生长量的线性逐步回归分析	133
11.2	落叶松人工林林木生长量与土壤质量主分量的逐步回归分析	135
11.3	小结	135
	主要参考文献	136
12	林地土壤质量调控措施	137
12.1	生物调控措施	137
12.1.1	人工促进天然混交	137
12.1.2	营造针阔混交林	145
12.2	林地施肥调控措施	153
12.2.1	林木施肥历史及施肥在林业生产中的应用	154

12.2.2 施肥对土壤酶活性的影响	157
12.2.3 施肥对土壤微生物活性的影响	161
12.2.4 施肥对土壤化学性质的影响	163
12.2.5 施肥对近熟林土壤物理性质的影响	168
12.2.6 施肥对植物养分含量的影响	169
12.2.7 施肥对落叶松生理特性的影响	171
12.2.8 施肥对林木生长的影响	172
12.2.9 土壤肥力与林木生长的关系	173
12.3 小结	174
主要参考文献	175

1 引言

落叶松是我国东北地区主要的造林树种之一。新中国成立以来,陆续营造了大面积的落叶松人工纯林。由于存在追求速生丰产,走西方石油农业生产模式的倾向,忽视和违背了生态学的基本原理,形成了人工林树种单一、生物多样性低和人工林地力下降等一系列问题。尤其是对落叶松人工林不合理的经营,已引起潜在的土壤质量降低。这个问题越来越受到国内外学者的普遍关注。研究落叶松人工林林地质量降低的原因,揭示落叶松人工林林地土壤和根际微生态土壤质量变化规律以及与森林生产力变化关系,建立合理的调控技术措施以及落叶松林地土壤质量变化预测模型,实现落叶松人工林持续速生丰产,林地长期持续经营和利用,具有重要的理论价值和实践意义。

1.1 林地土壤质量概念

土壤作为森林生态系统的组成成分和物质基础(Jenny 1980),为森林的生长发育、繁衍生息提供了必需的环境条件,调节着系统内外物质的重新分配,对水分起着环境过滤器的作用。土壤质量是森林生态系统可持续发展的基础,同时,生态系统组成、结构与功能的变化又影响和制约着土壤质量演变的方向和强度。

土壤质量(soil quality)这个名字早在 20 世纪 70 年代初就出现在土壤学文献中(Alexander 1971, Warkentin et al. 1977),但频繁引用并成为国际土壤学研究热点则是在 20 世纪末至 21 世纪初(Warkentin 1995, Doran 1994, Arshad et al. 1992)。美国在 1991 年和 1992 年连续召开了两届关于土壤质量问题的学术讨论会,并在 1994 年发行了《土壤质量与持续环境》一书。书中重点介绍了土壤质量的定义、确定土壤质量指标和评价土壤生物学指标对土壤质量的重要性等内容。但是,迄今为止,土壤质量退化的许多理论问题及过程与机理尚不十分清楚,在土壤学界、农学界和林学界还没有公认的或统一的土壤质量和林地土壤质量指标和量化的评价方法以及概念。有关土壤质量,北美及欧洲的一些土壤学家,在这些方面已取得了许多重要进展(Karlen et al. 1997; Doran et al. 1994, 1996; Pieri 1995)。目前得到世界学者们认可的土壤质量的定义是 Doran and Parkin 提出的:“土壤质量是土壤在生态系统边界范围内维持作物生产能力,保持环境质量及促进动植物健康的能力”(John 1994)。中国土壤学界根据我国的科学实践,参考了国际土壤学联合会秘书长 Blum 教授等阐明的土壤具备的六大功能,在 Doran 和 Park 定义(Doran et al. 1994)的基础上,给出了土壤质量的科学定义:土壤质

量是土壤在一定的生态系统内提供生命必须养分和产生生物物质的能力;容纳、降解、净化污染物质和维护生态平衡的能力;影响和促进植物、动物和人类生命安全和健康能力的综合量度(曹志洪 2000)。然而,有关林地土壤质量的定义尚是空白。我认为,林地土壤质量(forestland soil quality)是指森林土壤维持森林生态系统生产力和动植物健康生长所提供养分物质的能力。也就是说,林地土壤质量是森林土壤肥力质量、森林土壤环境质量和森林土壤健康质量三个既相对独立又有机联系的组分之综合集成。森林土壤质量是土壤支持生物生产能力、净化环境能力和促进动植物和人类健康能力的集中体现,是现代土壤学研究的核心。因此,及时了解分析和跟踪国际林地土壤质量研究的最新进展和前沿,并根据我国实际情况开展林地土壤质量研究与应用工作,具有重要的理论和现实生产意义。

1.2 土壤质量研究现状及发展趋势

1.2.1 国外研究现状及发展趋势

土壤退化是导致土壤质量下降的一个最直接、最主要的途径。在第10届世界林业大会上,法国学者 Yves Birot 在“造林与更新”一文中指出人工林生态学观察的核心问题是土壤演化(土壤肥力、生物、物理、化学等特性)和育林(树种经营类型、育林的集约或粗放性质)的关系,并提出在全世界建立人工林生态观察基础的小型永久性样地网络。英国人 J. Evans 报告了“人工林长期生产力——1990 年的研究现状”,强调了维护人工林长期生产力的重要性。世界上对人工林地力衰退问题的研究已有 100 多年的历史(Julian 1990, Kimmins 1990)。国外对人工林林地土壤质量的研究主要是对土壤地力变化的研究,而且,基本上集中研究二代林引起林地肥力下降的问题(席苏桦等 1999, Bowe 1989, Boardman 1978, Minderman 1968, Keeres 1966),可以归纳为以下两个方面:一方面,连续栽培导致第二代人工林生产力递减,生长速度减慢,土壤肥力下降,即“下降论”。关于第二代林生产力下降的观点在世界上比较普遍,在 19 世纪初,1833 年和 1869 年德国和瑞士对第二代云杉人工林调查时就发现了第二代云杉林产量不如第一代。英国著名热带造林专家 J. Evans 把这个问题概略地称为“第二代效应”。到了 1923 年,Weidemann 报道了下萨克松州的第二、三代云杉人工林生产力显著递减。Rosa 和 Kasa 于 20 世纪 40 年代报道了瑞士和挪威也有类似情况。到 21 世纪,印度、日本、荷兰、澳大利亚、新西兰等都有关于柚木、日本落叶松(浅田节夫 1981)、欧洲松、辐射松(Chu 1978, Boardman 1978, Keeres 1966)、火炬松(Haywood 1994)、加勒比松(Tiarks et al. 1996, Haywood 1994)连续栽培导致地力下降的报道。Lumdgren(1989)认为在湿润和半湿润的热带地区红壤和其他肥力差的土壤上,如果没有特殊管理措施,把天然林改变成速生、短周期人工林将不可避

免地造成土壤退化,养分水平下降,土壤板结。另一方面,通过集约经营、科学管理和合理造林技术措施的采用,人工林第二代的生产力可超过第一代,即“上升论”。20 世纪 60 年代 Holsteher-Jorgensen 指出丹麦云杉连续栽培没有地力下降的明显证据。日本大政正隆,原田光认为第二代落叶松不一定生长不良,关键在于“适地适树,适当施肥”。可见连续栽培并不是必然导致地力衰退,只要经营措施得当,是有可能维持土壤地力的。

土壤质量演变规律、评价体系及预测模型等相关技术的研究是国外现代土壤学研究的热点,也是各国政府非常关注的问题(Karlen et al. 1997;Doran et al. 1994,1996;Pieri et al. 1995;Warkentin 1995;Arshad 1992;Warkentin 1977;Alexander 1971),尤其是土壤质量演变机理、动态、时空分布规律、未来变化预测以及恢复重建对策,已成为 21 世纪国内外研究的热点问题之一。土壤质量指标和定量化的评价方法在北美及欧洲的一些国家已取得了许多重要进展(Karlen et al. 1997,Pieri et al. 1995)。但是,迄今为止,土壤质量演变的许多理论问题及过程与机理尚不清楚,在土壤学界、农学界还没有公认的或统一的土壤质量指标和定量化的评价方法和概念,而对林地土壤质量演变规律及定量化的评价更少见。

从第 15 届和第 16 届国际土壤学会召开以来采用新技术——运用不同方法评价与模拟土壤质量演化已是研究的趋势。主要集中在旱地土壤质量指标选择、方法设计和在区域范围对不同土地利用方式下土壤质量变化进行评估(Warkentin 1995,Arshad et al. 1992,Warkentin et al. 1977,Alexander 1971)。欧美国家也正致力于土壤质量的总体评价方面的试验研究。积极开展土壤质量评价的新思路、新方法和新策略的研究,解决土壤质量演变(包括肥力质量、环境质量和健康质量)过程中各项过程的量化分析技术和方法。评价指标把土壤物理、化学指标和微生物、酶的活性、碳及氮矿化等生物指标结合起来,建立土壤质量总体评价体系,对土壤退化及土壤污染进行评价,制定合理的、有效的管理措施(John et al. 1994,Smith et al. 1994,Larson et al. 1994,Richard 1994),将是今后研究的发展趋势。

1.2.2 国内研究现状及发展趋势

我国关于人工林地力变化的研究始于 20 世纪 50 年代的阳含熙,60 年代的冯宗炜。近 10 年来,研究较多的有盛炜彤、杨承栋、陈楚莹、俞新妥、方奇、张鼎华、陈乃全和杨玉盛等。他们研究的结果与国外的“下降论”的观点基本一致,认为人工林长期连续经营会导致地力的不断下降(张鼎华 2001;杨承栋等 1999,1996;杨玉盛等 1999;盛炜彤 1992;俞新妥 1989;方奇 1987)。盛炜彤(1992)在《人工林地力衰退研究》一书中汇集了关于人工林地力衰退的原因及防治技术措施的

研究成果,涉及的树种主要有杉木、桉树、杨树、落叶松和马尾松。研究结果显示,这些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。

有关北方落叶松连栽引起地力与林分生长变化的研究报道较少。研究结果表明,与一代林相比,落叶松人工林树高、胸径生长明显下降。林地土壤有机质、全氮、全磷均降低(陆秀君等 1999,席苏桦等 1999,孙翠玲等 1997,陈乃全等 1990)。长期经营落叶松人工林易引起土壤理化性质恶化,肥力相对降低(张彦东等 2001,潘建平等 1997,阎德仁 1996,刘世荣 1993,高雅贤 1983)。王秀石(1982)通过纯林与对照地的研究比较指出,土壤容重和紧实度均有变大的趋势,土壤有机质、全氮和速效性氮以及全钾有下降的趋势。此外,张万鹏、宋贵智、刘锡贵也曾提到落叶松林地土壤板结和肥力下降等现象。阎德仁指出随着林木林龄的增大,脲酶、过氧化氢酶活性降低。张慧亮、高雅贤等通过 5 年的定位观测指出:“土壤磷素含量有下降趋势,磷素的活化作用较差,落叶松人工林土壤中磷素的循环是比较慢的,常补充不上林木对它的消耗(张慧亮 1987,高雅贤 1983)。因此,在落叶松经营中,要特别注意磷肥的供应问题”。经营落叶松纯林并未发现酸化现象(崔国发等 2000,王秀石 1982)。可见,我国一些学者有关落叶松连续长期经营会导致土壤肥力下降这一问题的观点,基本上是一致的。

面对落叶松人工林连栽导致林分潜在地力衰退和林分生产力下降的事实,越来越多的学者从理论与实践的结合上探讨地力下降的成因和根治的对策,其中以落叶松与阔叶树混交的举措最具代表性。研究者认为针叶树与阔叶树种混交,能增加林地凋落物总量,增加微生物数量,加快凋落物分解速度,改善土壤理化性质,提高土壤肥力和促进林分生长(白尚斌等 2001;程国玲等 2001;吴蔚东 2000;杜平等 1999;陈立新等 1998,1999;丁宝永 1989;徐光辉等 1984)。陈喜全(1991)指出落叶松与胡桃楸混交林下土壤三相比率、容重、含水量等物理性质明显优于落叶松纯林,土壤有机质和全氮含量高于纯林。丁宝永(1989)指出天然阔叶树落叶中的营养元素含量均比落叶松落叶中的营养元素含量高。针阔混交能提高地力,保持地力无机营养元素动态平衡。实践已证明,控制好造林密度,成林后适时进行抚育间伐,优化人工林群落结构和林下植被管理以及通过落叶松与其他阔叶树种合理的混交,落叶松人工纯林引起潜在地力下降和林分生产力降低的问题,是完全能够解决的。另外,也可以采用施肥的方法进行调控,对林地合理的施用有机肥料和化学肥料以及微生物肥料,从而达到提高林地生产力的目的。

土壤质量演变机理及调控土壤质量相关技术的研究是国内现代土壤学研究的热点(赵其国等 1997,孙波等 1997)。目前我国关于土壤质量的研究,主要着重从土壤质量对农业、环境及人类生命质量角度,系统开展不同地区的特殊土壤(荒漠化、盐渍化、沼泽化、土壤侵蚀、土壤酸化、红壤退化及土壤污染)质量演变规律、形成机理与评价标准与指标体系等问题的研究,并已取得初步成果(曹志洪 2000,2001,王效举等 1997,赵其国等 1995,1997,孙波等 1995,1997,1999,阚

文杰等 1994)。例如,邹连敏(2000)论述了土壤质量退化的影响因素;王效举应用地理信息系统和数据库技术(美国环境系统研究所(ESRI)开发的 PC-ARC/INFO 作为支持软件,以 Foxbase 辅助属性数据的管理),并引入相对土壤质量指数(relative soil quality index,RSQI),建立了土壤质量信息系统(QYZSQIS)和土壤质量变化的评价模式,研究了亚热带小区域水平上土壤质量时空变化的定量化评价(王效举等 1997);孙波研究了红壤退化中的土壤质量评价指标及评价方法,建立了南方红壤区土壤肥力数据库,初步提出了土壤肥力退化评价指标体系,进行了土壤肥力退化评价(孙波等 1995,1999);阚文杰根据地区土壤的特点,选取了对植物生长发育影响较大的几个因素:土壤微生物数量、土壤酶的活性、土壤养分(土壤有机质、全氮、速效磷、速效钾、阳离子代换量及 pH),构成土壤质量评价指标体系,并进行了综合质量指数的计算与分级(阚文杰等 1994);2001 年张学雷利用数据源 SOTER 数据库和有属性数据库连接的 SOTER 图斑对海南岛土壤质量进行了定量化评价;2000 年国家重点基础研究发展规划设立了“土壤质量演变规律与持续利用”973 项目,由中国科学院南京土壤研究所主持,旨在研究我国代表性耕地土壤质量的演变机理、时空分异规律与定向培育理论、土壤圈层界面物质交换对土壤质量与动植物健康的影响机制、土壤质量指标的表征理论与方法。但是尚有以下不足:①土壤质量演变是土壤性质在时间上的动态(李保国 1995, Hoosbeek et al. 1992, Jenny 1961),只有通过两个或多个时段土壤性质的差异,才能真正阐明土壤变化的实质与机理。以往区域水平土壤变化评价方面的研究未能真正体现出时间上的变化(赵其国 1995,孙波等 1995),影响了评价的精度和对土壤退化机理与过程的深入了解。②评价指标偏重于土壤化学和物理性质的评价,缺乏完善的生物学评价指标。③以上研究成果均着重农业土壤变化规律、形成机理与评价体系以及预测预报,而对森林土壤质量尤其是人工林不同发育阶段土壤质量变化规律、评价指标体系与预测预报的研究尚未进行。土壤质量变化趋向的模拟预测与预警研究等方面的工作将是今后土壤发展的趋势与方向。

目前国外对林地土壤质量评价指标以及科学定义尚不多见,在国内还是空白。对落叶松人工林不同发育阶段林地土壤质量变化规律及调控措施系统的研究更是少见。本课题在总结前人相关领域的研究成果并博采众长的基础上,选择吉林省土们岭林场和黑龙江省哈尔滨东北林业大学帽儿山实验林场老山人工林试验站落叶松人工林作为研究对象,通过同一年龄不同森林类型的横向比较和同一林型不同年龄的纵向比较,以土壤肥力质量的变化为重点,研究不同时间尺度土壤质量动态演变规律、空间分布特点、质与量变化及发展趋势,落叶松人工林林地质量变化的内在机制以及变化过程与林木生长的关系,树种对土壤质量变化的影响及反馈机理,从土壤质量变化角度找出引起土壤质量下降的主要影响因子(以上研究在吉林省土们岭林场完成),从而提出与之相应的调控措施(在帽儿山实验林场老山人工林试验站完成),建立落叶松人工林土壤肥力变化规律与林地生产力关系的预测

模型。通过生物和施肥等调控措施的研究,找出最佳生物调控措施,实现落叶松人工林持续经营、不断地提高森林生产力的目的,为落叶松人工林的持续经营,维持地力和生产力的提高提供基础数据和理论依据。

主要参考文献

- 白尚斌,张彦东,王政权. 2001. 落叶松根际 pH 值与供磷水平及土壤磷有效性的关系. 林业科学, 37(4): 129~133
- 曹志洪. 2000. 继承传统土壤学成果、促进现代土壤学发展. 中国基础科学, 2:11~16
- 曹志洪. 2001. 解译土壤质量演变规律、确保土壤资源持续利用. 世界科技研究与发展, 23(3):28~32
- 陈立新,陈祥伟,段文标. 1998. 落叶松人工林凋落物与土壤肥力变化的研究. 应用生态学报, 9(6):581~586
- 陈立新,陈祥伟,史桂香等. 1998. 提高落叶松人工林林地质量的研究. 东北林业大学学报, 26(3):6~11
- 陈立新,赵雨森,张岩等. 1999. 造林整地对栗钙土钙积层化学性质干扰的研究. 应用生态学报, 10(2):159~162
- 陈乃全,尹建道,王义延. 1990. 落叶松人工林重茬更新效果的研究. 见:中国林学会造林学会第二届学术讨论会造林论文集. 北京:中国林业出版社. 105~113
- 陈喜全,郭秋慧,王政权. 1991. 落叶松纯林与落叶松胡桃楸混交林土壤理化性质的研究(I). 东北林业大学学报, 19(水胡黄楸专刊):258~267
- 陈喜全,郭秋慧,王政权. 1991. 落叶松纯林与落叶松胡桃楸混交林土壤理化性质的研究(II). 东北林业大学学报, 19(水胡黄楸专刊):268~273
- 程国玲,唐立君,郎福生. 2001. 水曲柳落叶松纯林与混交林根际土壤氮磷养分特点及变化. 东北林业大学学报, 29(1):26~29
- 崔国发,蔡体久,杨文化. 2000. 兴安落叶松人工林土壤酸度的研究. 北京林业大学学报, 22(3):34~36
- 丁宝永. 1989. 兴安落叶松人工林营养元素的分析. 生态学报, 9(1):72~76
- 杜平,高运茹,张恩生等. 1999. 冀北山地华北落叶松人工林对土壤肥力的影响. 河北林业科技, (2):6~8
- 方奇. 1987. 杉木连栽对土壤肥力及其林木生长的影响. 林业科学, 23(4):389~396
- 高雅贤. 1983. 落叶松人工林土壤中水、肥动态的研究. 林业科技, (2):9~13
- 阙文杰,吴启堂. 1994. 一个定量综合评价土壤肥力的方法初探. 土壤通报, 25(6):245~247
- 李保国. 1995. 土壤变化及其过程的定量化. 土壤学进展, 23(2):33~42
- 刘世荣. 1993. 落叶松人工林养分循环过程与潜在地力衰退的研究. 东北林业大学学报, 21(2):19~24
- 陆秀君,高华,许士文等. 1999. 落叶松连栽对土壤物理性质及林木生长影响的研究. 辽宁林业科技, (5): 10~12
- 潘建平,王华章,杨秀琴. 1997. 落叶松人工林地力衰退研究现状与进展. 东北林业大学, 25(2):59~63
- 盛炜彤. 1992. 人工林地力衰退研究. 北京:中国科学技术出版社
- 孙波,赵其国. 1999. 红壤退化中的土壤质量评价指标及评价方法. 地理科学进展, 18(2):118~128
- 孙波,张桃林,赵其国. 1995. 我国东南丘陵区土壤肥力的综合评价. 土壤学报, 32(4):362~369
- 孙波,张桃林,赵其国. 1995. 南方红壤丘陵区土壤养分贫瘠化的综合评价. 土壤, 27(3):119~128
- 孙波,赵其国,张桃林等. 1997a. 土壤质量与持续环境 III:土壤质量评价的生物学指标. 土壤, 29(5):225~234
- 孙波,赵其国,张桃林. 1997b. 土壤质量与持续环境 II:土壤质量评价的碳氮指标. 土壤, 29(4):169~175
- 孙翠玲,郭玉文,郭泉水. 1997. 日本落叶松人工林重茬林地土壤养分含量变化对林木生长的影响. 林业科