

林业博士论著

落叶松人工林土壤生态系统

崔国发 著

黑龙江科学技术出版社

林业博士论著

落叶松人工林土壤生态系统

崔国发 著

黑龙江科学技术出版社

森林生态学

森林生态学

内容提要

本书论述了土壤生态系统概念的内涵和外延,及其调控原理;详细阐明了人工林地力衰退的机理及防止对策;围绕落叶松人工林地力衰退的问题,系统分析了落叶松人工林土壤生态系统中植物群落结构特征、土壤动物区系的组成和数量、土壤微生物的数量及其关系、土壤有机质和养分以及土壤水分和土壤理化性质,探讨了人工落叶松种群对土壤的干扰程度,提出了维持系统稳定性的途径。

本书可供从事林业专业的科技人员和生产单位的技术人员参考。

责任编辑:郑 奕

封面设计:洪 冰

林业博士论著

落叶松人工林土壤生态系统

崔国发 著

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街41号)

哈尔滨市三十二中印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 7.6 印张 175 千字

1996 年 10 月第 1 版·1996 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:8.80 元

ISBN 7-5388-2913-x/Z·471

序

土壤是陆地生物赖以生活与生存的基质。不同的土壤和不同的气候组合成为不同的环境,导致生物群落空间分布格局,形成了不同的土壤生态系统。必须指出:土壤生态系统包括植物(乔木、灌木和草本、地衣、苔藓)、土壤动物(大型、中小型和湿生土壤动物)和土壤微生物组成的生物群落,以及有机物质(生物残体、腐殖质和酶)和无机物质(空气、水和矿物质)组成的理化环境。土壤生态系统既具有整体性,又具有综合性。由于它是由多个子系统形成的自然整体,因此具有生态的协调性、动态平衡性和稳定性,这就是自然群落能够稳产、高产的机理和基础。人工群落要达到“巧夺天工”的程度还有一定的困难。

落叶松是能够形成稳定群落的树种。但是在人工更新、生长发育和生存竞争过程中,落叶松所处的各种生态环境的功能和机理与自然综合体有一定的差异性。这种差异性也就是落叶松人工林地力衰退的原因和机理。而落叶松人工林土壤生态系统的研究就正是向揭示和解决这一问题迈进。该书详尽论述了落叶松人工林土壤生态系统中植物群落结构特征、土壤动物区系的组成与数量、土壤微生物的数量及其关系、土壤有机质和养分,以及土壤水分和土壤理化性质,揭示了人工落叶松种群对土壤生态系统稳定性的影响程度,并提出了维持系统稳定性的营林措施。因此,该书不仅具有理论意义,而且具有实践价值,将对落叶松人工林持续发展具有指导作用。

王業震

1996年1月

前 言

国内外关于人工林地力衰退的报道很多,人工林地力衰退问题是林业工作者非常关心的问题,并已成为营林科学研究的热点。弄清人工林对土壤的作用机理,并采取有效措施,保持林地的土壤肥力,维持人工林长期生产力,已成为人工林培育过程的关键环节。

落叶松是东北地区主要的速生丰产林树种,也是我国北方的主要栽培树种。东北地区大部分落叶松人工林陆续进入成熟期,有些地区已开始经营第二代落叶松人工林(即二茬林,在第一代落叶松人工林采伐迹地上更新的落叶松人工林)。关于落叶松人工林对土壤产生什么影响,干扰的程度如何,自八十年代以来,一些林业科技工作者对此做了一些研究和探索。由于研究的内容孤立,研究人员所处自然地理环境的局限,所得结论难免具有片面性。时至今日,营林生产主管人员对于落叶松人工林皆伐迹地上能否继续培育落叶松人工林,仍然认识不清,说法不一致。研究结论的片面性和生产管理中的模糊认识对落叶松人工林的持续经营将产生严重不利影响。因此,全面深入系统地研究落叶松人工林对土壤的影响,从而尽快得出比较切合实际的结论,同时提出相应的切实可行的调控措施,已成为急需解决的问题。黑龙江省科学技术委员会于1993年立项“维持落叶松人工林长期生产力的研究”,重点研究落叶松人工林对土壤的影响,探索维持土壤持久肥力的途径。为了避免由于研究内容孤立而导致结论的片面性,本项目以土壤生态系统为研究对象,根据落叶松人工林土壤生态系统的信息流,提出维持系统稳定性的措施,为落叶松人工林持续经营提供参考建议。本书对该项目研究结果的总结分析基础上,进行了一些理论探索。

本书分为五部分。第一部分为概论,主要论述了土壤生态系统的内涵和外延、土壤生态系统的调控原理、人工林发展趋势和其存在的地力衰退问题,以及人工林地力衰退的机理及其防止对策,并简要介绍了研究地区的自然概况和研究方法;第二部分为生物群落,主要论述了落叶松种群结构的变化,及其对林下植物群落结构、土壤动物区系组成与数量和土壤微生物数量的影响;第三部分为土壤物质和养分,详细分析了土壤有机质的动态、土壤养分动态和土壤水分平衡;第四部分为土壤物理性质和化学性质,分析了落叶松人工林对土壤结构、容重和透水性等物理性质的影响,以及土壤酸度的变化;第五部分为结束语,简要总结了主要研究结论,提出了营林技术措施,并对未来的研究做了一些设想。

本书是集体智慧的结晶。在撰写过程中,博士生导师王业蓬教授阅读并修改了初稿。在

研究过程中,北京林业大学徐化成教授和中国林业科学院盛伟彤研究员提出了建设性意见;中国科学院沈阳应用生态研究所崔启武研究员、东北林业大学丁宝永教授、王义弘教授、祝宁教授、赵惠勋教授、程东升教授和黑龙江省林业科学院闻殿墀研究员、刘大兴研究员给予了热情指导;东北林业大学蔡体久老师和哈尔滨师范大学张雪萍老师做了大量研究工作,并提供了宝贵的资料。在此向为本书的形成付出心血和汗水的老师表示衷心的感谢。

由于我国对人工林地力衰退问题的研究属于初期阶段,许多问题尚存争议。对落叶松人工林地力衰退的研究只是初步成果,有待进一步研究。因此,本书难免谬误,敬希读者批评指正。

崔国发

1996年1月于哈尔滨

目 录

序

前言

1 概论	(1)
2 生物群落	(28)
2.1 植物群落	(28)
2.1.1 落叶松种群生长规律	(28)
2.1.2 林下植物群落结构	(31)
2.1.3 小结	(40)
2.2 土壤动物区系	(40)
2.2.1 土壤动物区系组成和数量	(41)
2.2.2 土壤动物的生物量	(45)
2.2.3 小结	(49)
2.3 土壤微生物群落	(50)
2.3.1 真菌的数量	(50)
2.3.2 细菌的数量	(52)
2.3.3 放线菌的数量	(52)
2.3.4 三大类群数量关系	(53)
2.3.5 小结	(55)
3 土壤物质和养分	(56)
3.1 土壤有机质	(56)
3.1.1 凋落物现存量和养分贮量	(56)
3.1.2 凋落物年增加量和营养元素组成	(59)
3.1.3 凋落物分解	(63)
3.1.4 矿质土层有机质	(64)
3.1.5 小结	(67)
3.2 土壤养分	(68)
3.2.1 土壤养分现存量及动态	(69)
3.2.2 土壤养分消耗	(83)
3.2.3 小结	(91)
3.3 土壤水分	(92)
3.3.1 土壤水分的输入	(92)
3.3.2 土壤水分的输出	(94)
3.3.3 土壤水分平衡	(95)
4 土壤物理性质和化学性质	(97)

4.1 土壤物理性质.....	(97)
4.1.1 土壤的质地和结构.....	(97)
4.1.2 土壤的容重和孔隙度.....	(98)
4.1.3 土壤的透水性	(100)
4.1.4 小结	(101)
4.2 土壤化学性质	(102)
4.2.1 土壤阳离子代换性能	(102)
4.2.2 土壤酸度	(105)
4.2.3 小结	(110)
5 结语	(112)
参考文献.....	(116)

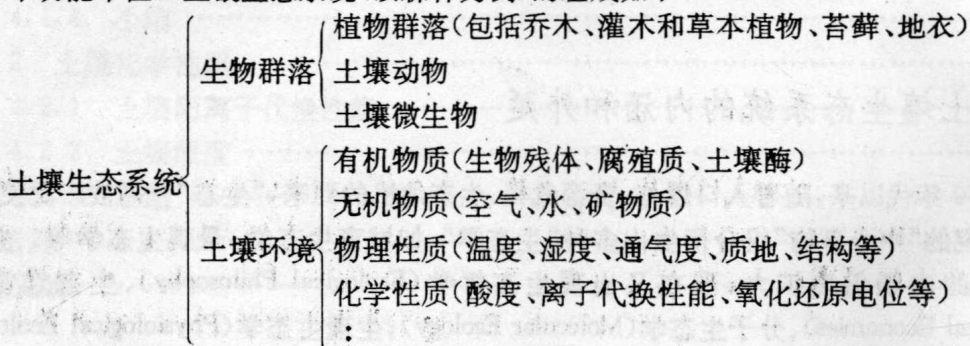
1 概 论

1.1 土壤生态系统的内涵和外延

自 70 年代以来,随着人口爆炸、资源危机、生态危机的到来,“生态”一词被广泛使用,与所研究的“中心事物”组合衍生出多种“生态学”,如城市生态学、景观生态学等。并且“生态”的内涵仍在扩大,现在又出现生态哲学(Ecological Philosophy)、生态经济学(Ecological Economics)、分子生态学(Molecular Ecology);生理生态学(Physiological Ecology)以及生态生理学(Ecological Physiology)等等。70 年代以后,伴随着土壤危机的出现,土壤生态一词才被广泛引用,土壤生态的研究也日益受到重视。同时,土壤一词更富有生命活动的内涵。土壤并不正好是植物所需原料的贮藏库,也不只是植物根系能够生长的空间,而且一大群其他的生物,包括植物、动物和微生物,都能够在其中生活和死亡^[138]。从土壤发生学角度来看,土壤的形成过程就是在五大自然成土因素(母质、生物、气候、地形、时间)的作用下,地质大循环(营养元素的释放和淋溶)与生物小循环(营养元素被生物吸收累积和释放)这一对矛盾相互作用和不断发展的过程。

高等植物的出现加速了土壤的形成,并深刻改变了土壤的性质,使土壤更具有生命力。气候、母质和地形是在土壤形成前就已经存在的因素,而植物和土壤在地表的出现,两者都是以对方的存在作为自身生存和形成的前提。^[15]高等植物通过根系与土壤联系在一起,组成了相互作用、相互依存的整体。植物不仅促进了土壤的形成,在成熟土壤的熟化过程中依然起着重要作用,尤其是森林植被。林木在其生长发育过程中,对土壤的肥力产生深刻的影响,改变了土壤的环境;同时,土壤环境的改变又对林木的生长产生影响。林木不断从土壤中摄取养分,不断改变着土壤中的营养元素含量。林木依靠庞大的根系,从深层土壤中吸收淋溶到下层的营养元素,并通过凋落物的形式补充到上层土壤中。因此,林木在土壤生态系统的营养物质循环中起着重要作用。由于林木的粗大根系对土壤的切割和挤压下,随着林木及根系的生长,土壤的孔隙状况将发生改变。林木根系的分泌物,如碳水化合物、有机酸和碳酸等,以及各种酶类,能够引起土壤微生物和土壤理化性质的改变。林分结构直接影响林下的生态环境,如光照、温度、湿度等,从而制约着林下植物群落的结构,进而影响到土壤凋落物层的组成和性质,以及土壤动物和微生物群落,并影响土壤矿质层的养分状况和理化性质。另一方面,土壤的养分供应状况、水分状况、土壤供氧量、物理化学性质等因子的改变又影响到林木的生长、土壤动物和微生物的生长繁殖。因此,在研究土壤生物时,不应该孤立地研究林木的根系,更应该研究地上部分,可以认为林木及其它植物是土壤的附着生物。在研究土壤生态时,也不应该片面地研究生物与土壤环境的相互作用和相互依存的关系,还应该从系统整体角度出发,全面地研究土壤生物之间、土壤物理化学因子之间,以及土壤生物与环境因子之间的相互作用机制。

土壤生态系统就是在自然成土因素和人类生产活动作用下,在一定的时间和空间内,土壤生物群落(包括植物、动物和微生物)和土壤环境(物理因子和化学因子的复合体)之间,通过不断的物质循环和能量流动而相互作用,相互依存的统一整体,是生态学的一个功能单位。土壤生态系统(以森林为例)的组成如下:



人工林土壤生态系统及农田生态系统都属于人为生态系统。其良好的功能表现在最大的生物生产力和土壤肥力的持续稳定性。人工林下的土壤,以及耕作土壤受到人类生产活动的直接影响。人类的活动改变了自然土壤的形成和熟化过程,从而也改变了土壤的特征。土壤具有肥力是土壤的最基本特征。土壤肥力是土壤为植物生长供应和协调营养条件和环境条件的能力;是生物因子和物理化学性质的综合反映。土壤的各种性质都要通过直接或间接的途径影响植物的生长,土壤中的各种肥力因素都不是孤立的,而是相互联系和相互制约的。土壤肥力具有生态相对性,土壤的肥沃或者不肥沃是与某种植物相对应的。衡量土壤肥力的指标一般用某一土壤地段上单位时间单位面积上的植物生物量;对于林业土壤肥力来说,一般采用每公顷年平均木材产量,或者采用上层林木的平均树高(立地指数)。

在自然土壤的形成过程中,伴随着植物群落的演替。Weaver 和 Clements 认为,在植物群落的演替过程中,每一次的植物种群所创造的条件,往往有利于下一次的演替种群的出现,但不利于种群本身存在的连续性。^[4]在不同的自然地理环境条件下,植物群落进行着不同的原生演替过程,如水生演替序列、旱生演替序列和中生演替序列等。在五大自然成土因素的作用下,不同环境条件下的土壤也就具有了独特的自然肥力性状。人工林是以某一目的树种为绝对优势种群的植物群落。人工林的营造及生产经营活动改变了原生或次生的植物群落,改变了自然土壤的成土过程,从而影响了自然肥力。在一些地区和某类土壤的条件下,甚至出现土壤肥力下降现象,即地力衰退。人工林的地力衰退包括两方面:一是人工林及生产经营活动改变土壤的生态性质,对土壤良好的肥力性状产生了不利影响;二是土壤生态性质的改变不利于林木的正常生长,即林木对土壤的生态需求与土壤生态条件产生了差异,人工林的生产力下降。土壤的生产力和土壤的相对稳定状况的保持是人类最关心的研究内容。为了提高土壤的生产力,人类积极地探索控制自然成土因素的途径,使之向着对生产有利的方向发展。目前主要从以下几方面开展研究工作:①不同植物种群及其配置对土壤物质循环和能量流动的影响,并据此提出优化植物种群配置方案;②通过对人工林生态系统的土壤养分循环定量化的研究,揭示人工林土壤养分循环和收支平衡的客观规律与变化,预测土壤退化趋势,制定保护、预防和综合治理土

壤退化的措施;③建立仿自然顶级结构的人工群落所需的优化土壤条件,以及建立优化土壤条件的途径和措施;④土壤稳态台阶,系统变量引起的土壤库的结构与功能的变化范围和据此获悉的土壤自动调节(自校稳态 Self-correcting homeostasis)能力的大小;⑤土壤稳态机制,对系统变量产生正负反馈的物质基础和作用过程;⑥建立和保持土壤生态系统相对平衡状态的途径与措施。现在维持人工林长期生产力,防止土壤肥力衰退已成为营林科学研究的热点。

1.2 土壤生态系统调控原理

1.2.1 土壤生态系统的演化

植物和土壤在地表的出现,两者都是以对方的存在作为自身生存和形成的前提,并在其它自然因素(气候、地形、地貌、母质等)的影响下,植物和土壤都按各自的规律发展和演化;二者相互矛盾,又相互统一,形成了多种土壤生态系统。

在植物群落的旱生演替系列(lithosere)中,最先出现的植物群落是地衣植物。地衣在土壤形成过程中起着非常重要的作用。地衣是岩石生境中植物定居的先锋,是由藻类(蓝藻和绿藻)和真菌(子囊菌纲、担子菌纲、藻状菌纲)互惠共生组成的复合体。并且,最先出现的地衣是壳状地衣(Crustose lichen),其利用假根分泌地衣酸腐蚀和溶解岩石。岩石的风化碎屑和壳状地衣的残体混合在一起,逐渐形成了少量的土壤。土壤环境改善后,在壳状地衣的群落中就出现了叶状地衣(Foliose lichen)。叶状地衣使土壤增加的更快,当叶状地衣遮盖岩石后,枝状地衣(Fruticose lichen)出现,并以其更强的生长能力逐渐取代叶状地衣。这个演替阶段经历了漫长的时期,地衣逐渐改变了裸地土壤环境,为高等植物的生长创造了条件。在地衣群落发展的后期,就出现了苔藓植物。苔藓植物门(Bryophyta)分为苔纲(Hepaticae)和藓纲(Musci)。苔藓植物和地衣植物一样,有促进岩石分解的作用,并且对保持土壤蓄积水分的能力更强,加速了土壤的积累速度。土壤和气候得到进一步改善后,蕨类植物(Pteridophyta)和草本被子植物出现。草本植物群落较大地改变了裸地的环境条件,土壤增厚,蒸发量减少,土壤中真菌、细菌和小动物的活动增强。草本植物群落为木本植物的生存创造了适宜的环境。在草本植物群落发展到一定时期,一些喜光的阳性灌木出现,常与高草混生而形成“高草灌木群落”。灌木大量增加形成灌木群落,然后阳性的乔木树种开始出现,并逐渐形成森林。林下形成的环境条件,使耐阴的树种得以定居,而逐渐取代阳性树种,成为优势种群,林下生长耐阴的灌木和草本植物,从而形成了森林群落。森林群落的出现,深刻地改变了气候环境和土壤形成的进程。

在水底的原生裸地上发生的水生演替(Hydrosere)过程中,植物群落演替经过了自由漂浮植物阶段、沉水植物阶段、浮叶植物阶段、直立水生植物阶段、湿生草本植物阶段和木本植物阶段。在这个过程,同样进行着土壤累积,每一个演替阶段形成的植物群落都为下一个阶段的植物群落创造了适生的土壤条件和环境条件,而自己本身则被更替。因此,植物群落的原生演替过程就是植物群落与土壤相互作用、协同进化的过程,植物群落结构由简单到复杂、功能逐渐增强,土壤也由原始幼年土壤演化为成熟土壤,也就是土壤生

态系统的进展过程。土壤生态系统的功能,即生物生产力和稳态自我调控能力,逐渐加强和完善。

当然,上述土壤生态系统的进展过程是两个极端类型。热量和水这两个原生气候因子决定了植物群落的进展阶段和土壤的形成过程,从而形成了各种各样的土壤生态系统。在气候、母质、地质、地貌和植物群落的影响下,经过漫长的发育过程,某一自然区域的土壤达到最中和的阶段,而生长在土壤上的植物群落结构也趋于稳定。在原生植被条件下,地带性土壤和气候顶极群落(Climatic climax)形成了较为稳定的土壤生态系统。在我国东部湿润地区寒温带、温带、暖温带、亚热带和热带的气候条件下,形成了寒温带针叶林、中部温带红松针阔混交林、暖温带落叶阔叶林、亚热带常绿阔叶林、热带季雨林和热带雨林等森林植物顶极群落。在气候和植物群落的作用下,经过漫长的过程,形成了与其相适应的地带性土壤,即棕色森林土(寒温带)、暗棕壤(中温带)、棕壤(暖温带)、黄棕壤(北亚热带)、黄壤、红壤(中亚热带)、赤红壤(南亚热带)、砖红壤(热带)。

在水分因子的作用下,从我国温带湿润地区到内陆干旱地区,在湿润森林、半湿润稀树草原、草原、漠境草原和荒漠植物群落下,分布着棕色森林土(湿润)、黑土、黑钙土(半湿润)、栗钙土(半干旱)、棕钙土、灰钙土(干旱)、灰漠土、棕漠土和戈壁。由森林植物群落和土壤形成的土壤生态系统具有最复杂的结构和最大的生产力。同时,在一定的气候条件下,非地带性因子的影响下,土壤和植物群落协同进展,最后也会达到相对稳定的状态,从而形成了多种非地带性土壤和多元植物顶极群落(Polyclimax)。在地质时期所形成的地形地貌的控制下,经过漫长的历史年代的生物气候演替,实现了生物与环境的高度统一。所以,无论是地带性的土壤景观生态或非地带性的土壤景观生态,都具有结构上的相对合理性和系统上的稳定性(何万云,1994)。

在我国东北地区,暗棕壤是分布面积最大的一类森林土壤,其成土过程是温带湿润森林下腐殖质积累过程和弱酸性淋溶过程。随着人类生产活动范围和强度的增大,原生植被红松针阔混交林逐渐减少,在次生裸地上更新了大面积的次生植物群落,如天然白桦林,以水曲柳、黄菠萝、胡桃楸、榆、椴为主的杂木林等。在一定的条件下,经过一段时期的生态系统自动调节,次生植物群落可能演替恢复到原生植物群落。如果继续反复砍伐破坏,植物群落将发生逆行演替,土壤生态系统退化(图1-1,何万云,1994)。由于土壤演变过程比植物群落的演替缓慢的多,因此,土壤生态系统(功能)进展和退化过程比较缓慢,主要决定于自然和人类干扰程度。

土壤生态系统的退化实质上就是人类生产活动破坏了植物群落稳定的结构,改变了土壤的形成过程的方向和成熟土壤的熟化进程,以及营养物质的地质大循环和生物小循环,从而降低了土壤生态系统的功能。

土壤生态系统的生物生产力和土壤稳态自调能力就是土壤生态系统功能的表象,通过物质循环、能量转换和信息传递来实现。对于人工林土壤生态系统来说,其植物群落是以培育目的树种为绝对优势种群的人工植物群落。对于用材林,土壤生态系统的功能表现为林分的生产力和土壤肥力的持久稳定性;对于水土保持林来说,就是促进退化土壤生态系统的恢复,阻止土壤生态系统功能进一步下降;农田防护林则是通过木本植物(乔木和灌木)改善农田生态系统的环境,使作物种群或群落(草本植物)正常生长发育,发挥

农田生态系统最大生产力。在营林生产活动的干预下,人工林(多指用材林)植物群落中原生或次生植物群落的物种较少,尤其是乔木和灌木。人工林郁闭后,往往形成单层结构,植物群落演化为单种种群。在暗棕壤分布区,落叶松第一代林一般是在原始林或次生林采伐迹地上更新的,也有一些是在农田撩荒地上营造的,在生态系统中存在很大的阔叶树种子源和种子库。落叶松种群生长发育过程中,植物群落、土壤动物和微生物区系发生改变;同时,在一些栽培区内落叶松作为外来种会对土壤的生态特性产生一定程度的影响。在森林采伐过程中,一些物质和能量将被输出土壤生态系统,并且土壤会受到物理性破坏。

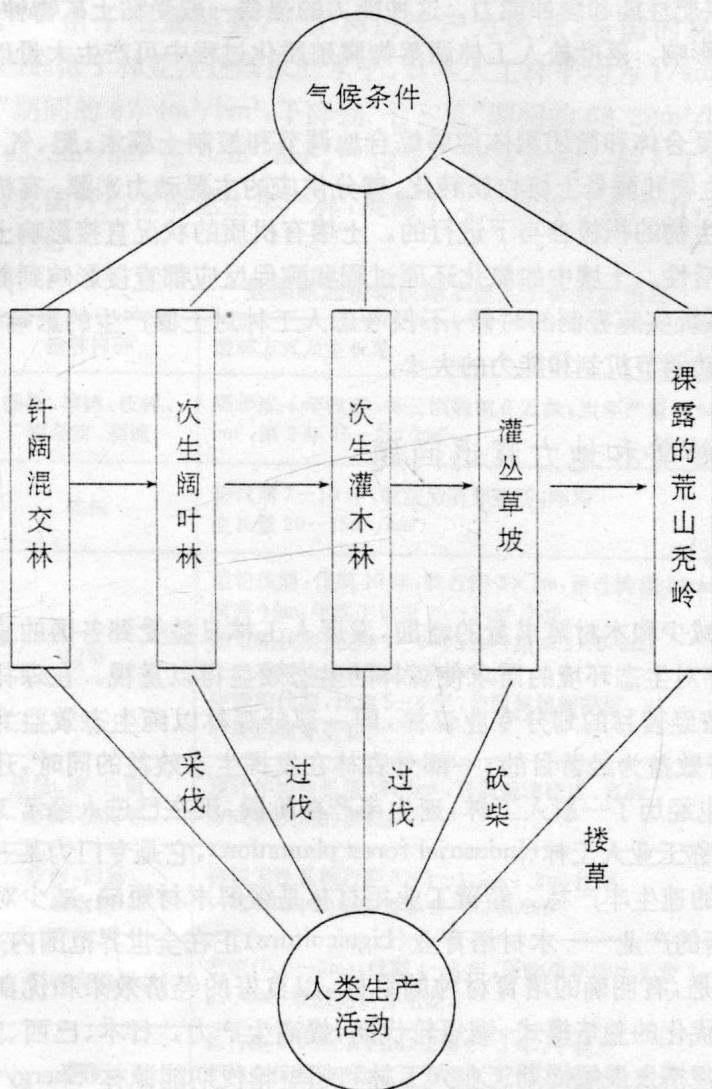


图 1-1 森林土壤生态系统退化过程

1.2.2 土壤自动调节机制

土壤自动调节能力是指土壤自身对其内部所进行的物理、化学及生物学过程在一定限度内的控制和缓冲,使土壤的水、肥、气协调供应,适应植物的需要;并且通过自动调节来抵抗外来干扰。土壤自动调节能力是通过土壤的吸储能力、转化能力、释供能力等实

现。

土壤的矿物质和有机质具有吸附和解吸能力。矿物质中含有大量次生粘土矿物,如蒙脱石、高岭石、伊利石等。在层次排列的硅氧四面体和铝水八面体中,普遍存在同晶置换现象,而使粘土矿物颗粒带有负电荷。如果四面体中央的硅离子(Si^{4+})被铝离子(Al^{3+})代替,就产生剩余负电荷;粘土矿物晶格上的断键也可使其带有负电荷。土壤溶液中的营养元素,如 K^+ 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 等就会被带有负电荷的胶体颗粒吸附。土壤有机胶体带有可变电荷,同样对土壤溶液中的养分离产生吸附作用。土壤无机和有机胶体这种吸附解吸功能使土壤具有保肥、供肥性能和缓冲能力。这种能力的强弱一般受粘土矿物种类、数量和腐殖质组成与数量的影响。落叶松人工林凋落物腐殖质化过程中可产生大量以胡敏酸为主的腐殖质。

土壤中的有机矿质复合体和微团聚体能够综合地调节和控制土壤水、肥、气、热和生物学性状。土壤中的微生物和酶是土壤物质转化、养分供应的主要动力来源。有机质矿化和腐殖质的形成都是微生物的积极参与下进行的。土壤有机质的状况直接影响土壤微生物的生命活动和土壤酶活性。土壤中的氧化还原过程和酶促反应都直接影响到养分的供应。因此,对土壤生态系统实施控制的时候,不仅考虑人工林对土壤产生的影响程度,更应该充分考虑土壤的自动调节机制和能力的大小。

1.3 人工林发展趋势和地力衰退问题

1.3.1 人工林发展趋势

随着天然林资源的减少和木材需求量的增加,发展人工林日益受到各国的重视。同时,社会发展和人类生存对生态环境的需求使森林的生态效益得以重视。在森林的经营活动中,人们逐渐倾向按经营目的划分专业森林,即一部分森林以纯生态效益为经营目的,一部分森林以纯经济效益为经营目的;一部分森林在发挥生态效益的同时,还具有经济效益。人工林的经营也经历了一般人工林,速生丰产林阶段,现在已进入经营工业用材林阶段。工业用材林,又称工业人工林(Industrial forest plantation),它是专门为某一工业部门提供原料而定向培育的速生丰产林。经营工业用材林是缓解木材短缺,减少对天然林压力的有效途径。一种新的产业——木材培育业(Ligniculture)正在全世界范围内兴起。培育工业人工林的总趋势是,有明确的培育材种的目标,以良好的经济效果和优良的材料为前提,选择良种,设计优化的栽培模式,缩短轮伐期,提高生产力。日本、巴西、新西兰、南非、意大利、美国等大规模发展短周期工业人工林和超短轮伐期能源林(Energy forest)。巴西、刚果和南非的桉树人工林,新西兰和澳大利亚的辐射松和桉树人工林,东南亚的南亚松人工林、美国的火炬松和湿地松人工林都在迅速发展。国外一般把轮伐期1—5年者称为超短轮伐期,轮伐期为5—15年者称为中短轮伐期,15—30年者称为短轮伐期。超短轮伐期工业人工林是随着木材加工业的发展而兴起的一种速生丰产林,其与木材加工利用的工艺发展水平相适应。超短轮伐期工业人工林的倡导者日本林学家佐佐木惠彦提出:未来高科技时代的林业应重点发展超短轮伐期密植林的营造和利用。这种短轮伐期

工业人工林的经营只有通过无性系林业才能实现。无性系林业是在近代遗传育种学理论指导下,以无性系育种为基础,把经过选择、测定的优良材料大量繁殖成无性系苗木,进行工业化经营的现代林业生产方式,适用于此类经营的树种主要是杨树、柳树、桉树、柳杉、刺槐、辐射松、欧洲云杉等。木材主要用于刨花板、纤维板和纸浆工业,以及发电能源。一些工业发达的国家已开始经营超短轮伐期工业人工林(表 1—1,江波,1990)。

近 40 年来,我国也营造了大面积人工林,现有人工林面积达到 $3.83 \times 10^7 \text{hm}^2$,其中已成林的人工林面积达到 3.101×10^7 ,占人工林面积的 81%,占全国有林地面积的 25.96%。^[120] 由于粗放经营,人工林的生产力较低,全国的林分平均蓄积为每公顷 28.3m^3 ,远远低于林业发达国家的水平,日本人工林平均为 $179 \text{m}^3/\text{hm}^2$;人工林的单产由“五·五”期间的 $87.4 \text{m}^3/\text{hm}^2$,下降到“七·五”期间的 $69.28 \text{m}^3/\text{hm}^2$,比全国成熟林平均蓄积量 $163.3 \text{m}^3/\text{hm}^2$ 低 $94 \text{m}^3/\text{hm}^2$ 。^[60] 由于广种薄收的一般人工林生产力较低,自“七·五”以来,我国开始发展速生丰产林,提高了人工林林分生产力,年平均生长量可达每公顷 $10.5-15 \text{m}^3$ 。

表 1—1 一些国家超短轮伐期工业人工林造林情况

国 名	造林树种	造林方式及生长量	注
日本	杨树、桦树、桉树、银合欢、刺槐	隔年或 4 年收获,每公顷栽植 6 万株,当年产量 $6.5 \text{t}/\text{hm}^2$,第 2 年 $15-20 \text{t}/\text{hm}^2$ 。	用于造纸、木材加工、饲料、能源等。
巴西	桉树	轮伐期 7—10 年,收获后萌芽更新,年均生长量 $20-25 \text{m}^3/\text{hm}^2$	生产乙醇原料
加拿大	白杨	短轮伐期:伐期 10 年,株行距 $3 \times 3 \text{m}$,预计胸径 20cm,树高 18m,年均生长量 $20-30 \text{m}^3/\text{hm}^2$ 。 超短轮伐期:伐期 1—3 年,株行距 $0.3 \times 0.9 \text{m}$,干物质年均生长量为 $15 \text{t}/\text{hm}^2$ 。 中短轮伐期:伐期 5—6 年,与固氮植物混植,收获后萌芽更新。	用于造纸工业,也适用于能源。
爱尔兰	赤杨、栗、白蜡、垂柳、桉树等	预计年均生长量 $12 \text{t}/\text{hm}^2$,开展栽植密度、育种方式和伐期的研究。	用于发电
新西兰	垂柳、白杨、辐射松	柳树无性系株行距 $3 \times 3-1.2 \times 1.2 \text{m}$,伐期 1—2 年,年均生长量 $8.9-30.8 \text{t}/\text{hm}^2$ 。	用于能源
菲律宾	新银合欢等	密植($0.3-3 \text{m}$),伐期 4—6 年,干物质年均生长量 $2-25 \text{t}/\text{hm}^2$,收获后萌芽更新。	用于发电
瑞典	垂柳	株行距 $0.75 \times 1.25 \text{m}$,伐期 2—3 年,干物质年均生长量 $20 \text{t}/\text{hm}^2$ 。开展丢荒地及泥炭地利用、灌溉、施肥及机械采运的研究。	用于造纸、能源
芬兰	垂柳、白杨、白桦、赤杨	伐期 10—20 年,预计收获 $90-270 \text{t}/\text{hm}^2$,年均生长量 $7-17 \text{t}/\text{hm}^2$,收获后萌芽更新。开展育种、造林特性及抚育方法的研究。	用于能源
美国	白杨无性系	伐期 4 年,密植,集约栽培,施肥、灌溉、耕种;干物质年均生长量 $20 \text{t}/\text{hm}^2$	用于能源

从树种布局上,北方主要经营落叶松、杨树、刺槐等;南方主要经营杉木、马尾松、桉

树等。据 1988 年森林资源统计资料,东北地区(包括内蒙古东部林区)人工林面积达 $6.88 \times 10^6 \text{hm}^2$,其中落叶松人工林面积为 $1.19 \times 10^6 \text{hm}^2$ 、蓄积为 $4.82 \times 10^7 \text{m}^3$ 。落叶松人工林无论是面积还是蓄积均居首位。并逐渐进入主伐年龄。杉木是我国南方主要经营的树种,杉木人工林现有面积为 $7.68 \times 10^6 \text{hm}^2$ 。因此,人工林中以针叶林为主,占人工林面积的 53.8%,阔叶树占 46.2%^[120]。另外,阔叶人工林如杨树、柳树、泡桐等主要分布在平原农区,山区及林区很少。在南方各省,阔叶树人工林比例极小,浙江省为 1.2%,福建为 4.2%,广东为 3.8%、江西为 1.8%、湖南为 5.6%。在东北林区,阔叶树的比例较小,在黑龙江省森工林区,阔叶树人工林占人工林面积的 5.0%。杨树人工林主要分布在平原市县林区。

随着可采资源的急剧减少,木材需求量的迅速增加,我国计划到本世纪末发展 $6.67 \times 10^6 \text{hm}^2$ 速生丰产林,而且生长量每公顷要求达到 10.5m^3 以上。树种仍以杉木和落叶松为主,杉木约占 35~40%。^[120]现在,东北地区每年营造落叶松人工林近 $5.0 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。同时,林业专家们认为,发展工业人工林,建设木材培育基地是扭转我国森林资源危机的有效途径(马常耕,1993;洪菊生,1990),并建议按短周期定向培育的工业用材林的特点经营培育以生产木材为目的的人工林,即利用少部分土地,集中投入资金和技术,营造速生丰产林,短期内在少量土地上获得高额木材产量,解决造纸、建筑材、胶合板材等工业专用材种。1990 年国家计委批准林业部组织实施,利用世界银行贷款及国内配套资金,在 16 省(区)227 个县营造速生丰产林 $9.85 \times 10^4 \text{hm}^2$,实行定向培育,其中建筑材林占 47.4%,造纸材林 36.3%,胶合板材 7.9%、矿柱材 6.9%;按地域分,南方 12 省区占总面积的 80.7%,华北平原占 12.2%,辽宁东部占 7.1%。主要造林树种为杉木、桉树、马尾松、湿地松、火炬松、杨树、泡桐、落叶松、刺槐等。同时林业部及各省科委纷纷立项研究短周期工业用材林的定向培育技术。黑龙江省科学技术委员会于 1989 年立项“工业原料林栽培与经营技术的研究”,重点研究了以生产纸浆材为目的的杨树人工林和落叶松人工林的培育技术,以及林纸一体化的布局。研究结果确定小黑杨纸浆林的轮伐期为 12—15 年;落叶松纤维林的培育年限为 25—30 年;配套技术的实施提高产量和经济效益 20%以上,缩短杨树培育周期 2 年;杨树人工林 12 年生林分蓄积量为 $108.7 \text{m}^3/\text{hm}^2$,平均生长量 $9.05 \text{m}^3/\text{hm}^2$,15 年生林分蓄积量高达 $156.2 \text{m}^3/\text{hm}^2$,平均生长量 $10.4 \text{m}^3/\text{hm}^2$ 。落叶松纤维林 25 年生林分材积为 $174.9 \text{m}^3/\text{hm}^2$,年平均生长量为 $7.0 \text{m}^3/\text{hm}^2$,30 年生林分为 $217.6 \text{m}^3/\text{hm}^2$,平均生长量 $7.25 \text{m}^3/\text{hm}^2$ 。在“六·五”和“七·五”期间,在全国范围开展了杉木、马尾松、国外松(湿地松等)、桉树、杨树、刺槐、泡桐、落叶松等速生丰产林的研究。在东北地区,林业部于“七·五”期间立项研究“红松、樟子松、落叶松丰产林营造技术”,在“八·五”全国科技攻关项目“短周期工业用材林定向培育技术的研究”中,针对我国森林资源现状,以及工业生产部门对木材的需求,分别针对三种材种(纸浆、建筑材及胶合板材)和 11 个树种(杉木、杨树、桉树、湿地松、火炬松、马尾松、泡桐、刺槐、长白落叶松、日本落叶松和毛竹)开展优化定向集约栽培的成套技术的研究,确定杉木(建筑材)、杨树(纸浆与胶合板材)、湿地松和火炬松(纸浆与建筑材)、马尾松(纸浆与建筑材)、桉树(纸浆材)、泡桐(胶合板材)、长白落叶松和日本落叶松(纸浆与建筑材)、刺槐(矿柱材)主要产区定向优化栽培模式;要求现有速生丰产林标准缩短培育周期 2—5 年,提高生长量 20—30%(表 1—2)。