

杉木人工林地力衰退与可持续经营*

林开敏 俞新妥

(福建农林大学杉木研究中心 南平 353001)

摘 要 根据近20年来杉木人工林地力衰退的研究资料,对杉木人工林地力衰退的外在表现形式和内在机理进行综述和分析。并从杉木树种本身特性和杉木传统的栽培制度等方面提出杉木人工林地力维护的途径和技术,为杉木人工林可持续经营提供科学的理论依据。

关键词 杉木 地力衰退 表现形式 内在机理

Soil degradation and sustainable management of Chinese fir plantation. LIN Kai-Min, YU Xin-Tuo (Research Center of Chinese Fir, Fujian Agricultural and Forestry University, Nanping 353001), *CJEA*, 2001, 9(4): 39~42

Abstract According to research information of soil degradation of Chinese fir plantation in recent twenty years, the external phenomena and internal mechanisms of soil degradation of Chinese fir plantation have been reviewed and analyzed. The methods and techniques to improve soil fertility of Chinese fir plantation are also put forward, and it will provide scientific and theoretical guidance with sustainable management of Chinese fir plantation.

Key words Chinese fir, Soil degradation, External phenomena, Internal mechanisms

杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 是我国特有的重要速生用材树种,栽培历史悠久,分布在我国南方的16个省(区)。据统计目前全国杉木林面积超过0.1亿 hm^2 ,约占南方人工林面积的1/2,在我国森林蓄积量和木材生产中占有重要的地位。由于杉木人工林的针叶化、纯林化、经营集约化和多代连栽现象的加剧,杉木人工林生态系统固有的生态弱点日益显现出来,出现严重的水土流失、生物多样性下降、地力衰退、病虫害和火灾蔓延等各种严重生态后果。关于杉木人工林地力衰退问题的研究始于20世纪80年代,特别是近些年来该问题已成为众多学者普遍关注的焦点,对于杉木连栽生产力下降的原因已有较多报道。为此,研究了杉木人工林的地力衰退现状和机理,并提出杉木人工林可持续经营对策,为恢复和重建退化的杉木人工林生态系统以及建立杉木可持续经营技术体系提供科学的理论依据。

1 杉木人工林地力衰退的外在表现形式

杉木人工林地力衰退的外在表现形式一是造林成活率下降,湖南、福建和江西省等地发现杉木连栽地营造杉木出现成活率下降和幼林生长不正常的现象。据杜国坚等试验表明^[8],杉木连栽地0~20cm表土层盆栽杉苗成活率极低,仅有24.4%,生长量比同层头次栽土下降41.8%。造林试验结果表明,连栽比头次栽林地杉木保存率下降13.2%,连栽杉木当年幼树高仅21.6cm,6年生树高仅214.9cm,而头栽杉木当年、6年生树高分别达37.4cm和367.0cm。采用回心土造林,连栽地杉木保存率比常规回表土造林提高16.8%,树高生长量提高37.9%~60.2%,这说明杉木连栽成活率和幼树生长量存在明显的下降,因而杉木人工林采伐迹地的二代更新问题已成为当前林业生产中急需解决的问题之一。二是生产力下降,60年代李昌华已报道,杉木人工林连栽之后其生长量一代不如一代,地力有逐渐衰退的趋势。70年代俞新妥在闽西北调查杉木林及古杉木时发现福建省杉木中心产区有逐渐退缩转移的趋势。随后方奇根据湖南省65个林分资料统计得出^[4],林分生长量随连栽代数增加而下降,15年生二、三耕土树高生长分别比头耕土下降7%和23%,三耕土比头耕土下降2个地位级。据福建省建瓯报道,第二代杉木林蓄积量比头次栽杉下降40%。张其水等研究结果认为^[19],成年杉木林地上部分生物量二代为一代的83%,三代为一代的55%,蓄积量二代比一代下降28%,三代比一代减少69%。据广西壮族自治区融水报道,二、三代杉木林蓄积量分别比第一代下降30%和47%,安徽、浙江省等地也有类似报道。范少辉等报道^[3],连栽导致了杉木生长的明显衰退,二、三代杉木胸径

* 国家自然科学基金重点项目(39630240)及福建省自然科学基金项目(C9810025)资助

收稿日期:2000-12-22 改回日期:2001-03-31

分别比一代杉木下降 7.29%~11.61%和 15.63%~21.47%,树高分别下降 7.89%~11.76%和 17.76%~22.35%,蓄积量分别下降 21.02%~24.61%和 38.70%~44.18%,且随栽植代数的增加,杉木胸径、树高生长速生期开始时间推迟,速生期缩短。这表明杉木人工林多代连栽生产力下降现象已十分普遍和严重,必须引起林业工作者高度重视。三是加剧杉木林木个体分化,据范少辉等研究结果表明,不同栽植代数杉木林木分化存在明显规律,随栽植代数的增加,各发育阶段杉木林中级木的比例均呈逐代下降趋势,而大、小级木比例则呈增加趋势,一代杉木林林木大小分布相对均匀,其林木分化不明显,这说明随栽植代数的增加,加剧了杉木林木分化,影响了杉木林的林分结构。

2 杉木人工林地力衰退的机理

影响杉木人工林生产力下降的原因是多方面和复杂的,目前的研究已提出不少的观点或假说,但本研究认为杉木树种本身特性和当前的杉木人工林栽培制度可能是最主要原因。一是树种本身特性(养分吸收多,归还少)所致,一方面由于杉木为速生树种,生长快,从林地土壤中吸收养分较多,造成地力消耗大,另一方面杉木在自然整枝过程中其枯死的枝叶往往保留在树体上时间较长,不易脱落,造成凋落物量较少,杉木凋落物往往以带小枝的枝叶脱落归还林地,不易分解,且为酸性分解,造成养分归还林地较少,自肥能力差,从而造成林地土壤养分含量下降,养分比例失调。李昌华研究比较杉木林与阔叶林土壤养分平衡的差异时发现^[5],22年生杉木林养分吸收归还比为 N0.71、P0.32、K0.28、Ca 和 Mg 大于 1,而阔叶林养分吸收归还比为 N7.5、P3.8、K3.2。梁宏温研究广西壮族自治区田林老山、中山两类森林凋落物指出,杉木人工林凋落物中叶、果和枝按 95%干物质分解所需时间分别为 8.8 年、14.4 年和 12.4 年,而常绿阔叶林凋落物 95%干物质被分解约需 4.9 年。二是树种与立地不相适应,杉木对水肥条件要求较高,但由于林业生产经营单位受经营方便和经济利益驱动等因素的影响,造林缺乏科学的宏观指导,大面积集中连片地营造杉木人工林,不适地适树的现象普遍存在,出现大面积的“小老头林”和低产林分,这也是造成杉木人工林生产力下降的原因之一。三是不合理的经营措施引起严重的水土流失,杉木林地水土流失与人为经营活动密切相关,近年来通过定位研究报道了传统的经营措施引起严重的水土肥流失问题,并认为不合理的经营措施造成严重的水土流失是杉木人工林地力衰退的原因之一。杉木造林技术第一个环节是林地植被和采伐剩余物的清理,杉木产区传统方法是火烧清理(炼山)。福建农林学院杉木研究所从 1986 年开始在福建省尤溪采用炼山与不炼山径流小区长期定位观测表明^[7,11],炼山期间林地及土壤有机质、N 素以高温挥发和细粒尘埃损失,0~10cm 土层有机质损失 2633kg/hm²,全 N 损失 135.5kg/hm²,10~20cm 土层有机质损失 275.7kg/hm²,全 N 损失 76kg/hm²。炼山林地第 1 年水土流失尤为严重,径流和泥沙冲刷量分别为 2743m³/hm² 和 24.8t/hm²,分别为不炼山的 11 倍和 28 倍,4 年期间炼山的土壤流失量为 37.4t/hm²,为不炼山的 28 倍,土壤有机质、全 N、全 P、全 K 及水解氮、速效磷和速效钾的流失量为 1019kg/hm²、28.4kg/hm²、9.5kg/hm²、470kg/hm²、12.8kg/hm²、2.6kg/hm²、73.6kg/hm²,分别为不炼山的 9 倍、7 倍、9 倍、7 倍、7 倍、11 倍和 5 倍,因此周期性的炼山可能是导致地力衰退的主要原因。整地的目的在于改良土壤结构,促进杉木幼林的早期生长。据张水松等试验表明^[14],全垦整地水土流失最多,5 年固体径流量达 3.14t/hm²,整地后的固体径流量表现出全垦>带垦>穴垦。我国栽杉传统的幼抚普遍采用全面锄草松土或全面锄草局部松土,但忽视了对水土流失带来的不良影响。据张先仪等在江西省分宜对不同抚育方式观测 2 年后结果表明,全面刀抚的植物盖度大,生物量大,3 年内土壤侵蚀量最小,生态效果最好,而全面除草松土则加大了水土流失。四是有毒物质的积累,目前一些报道认为,香草醛等多酚类物质的积累是杉木人工林地力衰退的原因之一。冯宗炜等研究报道,香草醛在三耕土中显著高于头次耕土,而香草醛类物质是含甲氧基的多酚类化合物,属于土壤中毒物质,它在土壤中的积累对微生物的活性不利,且对杉木的生长有害,从而引起杉木生产力的降低。杜国坚等进行杉木连栽林地 0~20cm 表层土壤盆栽和回心土造林试验,并分析土壤养分和微生物结果表明^[2],杉木盆栽和回表土造林的成活率极低及其生长较差的主要原因并非土壤肥力下降,很可能是杉木凋落物分解过程中形成酚类物质未被多酚氧化酶氧化成醌,而导致在土壤表层中积累,这是导致杉木连栽成活率和生长量下降的重要原因之一。何光训分析杉木连栽林地土壤酚类物质降解受阻的内外因^[5]认为,杉木林地土壤酚类物质的积累可抑制林木生长直至死亡。关于是否存在有毒物质,目前也进行了一些生物测定试验来进一步证实。张宪武等研究认为,小麦、白菜和杉木种子在杉木三耕土上发芽率和生长状况均不如头次耕土,杉木种子在三耕土上发芽率极低,幼苗发育十分纤弱,把自生固 N 菌直接加入到头次耕土和三耕土中经过一定时间后都趋于死亡,但三耕土中自生固 N 菌死亡的速度比头次耕土快,这说明杉木连栽土壤存在有毒物质的累积,且可能是杉

木连栽后生长不良的重要原因之一。马祥庆等研究认为^[9],根际土、非根际土浸提液能明显抑制杉木种子发芽和芽生长,随杉木连栽代数增加其抑制作用更趋明显。杉木林枯落物是杉木种子发芽及胚芽生长抑制物质来源之一。关于毒性物质来源的问题,张宪武等研究结果表明,从三耕土中分离出的灰色变异链霉菌、镰刀霉、枝孢霉和枯草芽孢杆菌的代谢产物均强烈抑制小麦发芽及生长,认为微生物抑制体是连栽杉木土壤中毒物质的重要来源之一。但有毒物质究竟是何物及其形成机理等问题目前尚不清楚,尚有待于进一步深入探讨研究。五是土壤肥力下降和土壤养分比例的失调,关于杉木多代连栽对土壤肥力影响的研究普遍认为林地生态环境恶化,土壤养分下降,物理性质变劣,微生物数量减少以及土壤酶活性等生化活性下降是杉木连栽生长衰退的重要原因。阳含熙先生在50年代就指出^[1],杉木轮伐期短,经过炼山和除地后地力消耗大,应注意采用提高土壤肥力的措施。冯宗炜等对造林前后土壤肥力进行比较研究认为,造林后19年0~60cm土层中的N、P、K含量分别为造林前的43.6%、24.3%和43.2%,土壤微生物数量为栽前的91.6%。连栽引起土壤生化活性降低和香草醛的积累,不利于杉木生长。方奇较早报道了杉木连栽引起林地土壤肥力的变化,二、三耕土杉木林地土壤肥力比头次耕土pH值下降4.6%与2.9%,有机质下降21%与9%,土壤变酸,可溶性Ca、Mg淋失, H^+ 、 Al^{3+} 等聚积,全N、全P、全K均逐代下降,唯土壤容重逐代增加^[4]。俞新妥等研究指出^[11],土壤营养元素含量随连栽代数增加而下降,以有机质尤为显著,土壤的生化活性除个别酶外均表现为一代>二代>三代,并指出由于酚类物质的积累可能导致土壤中毒。周学金等调查分析认为^[17],杉木连栽使土壤磷酸铝、铁钙盐、交换性钾、全P、Ca及全N含量均下降,交换性镁有递增趋势,连栽使土壤变薄,各种养分贮量降低,限制了杉木的生长量。杜国坚等报道连栽林地土壤微生物总量下降23.35%,厌气固N菌增加46%,土壤中脲酶、转化酶、过氧化氢酶均低于头次栽土,多酚氧化酶则相反^[1]。杨承栋等报道二代杉木林土壤中细菌、放线菌和真菌数量均低于一代林,特别是真菌的属种分布差异发生了质的变化,在根际土壤中土壤杆菌在二代杉木林土壤细菌所占比例明显多于一代,表明土壤性质劣化,二代林的氨基酸种类、游离糖含量明显少于一代林,土壤组成结构也有明显差异^[19]。洪元程等报道了连栽杉木林地土壤由于微量元素不足,引起大量元素与微量元素供应的不平衡,导致幼树缺B、Zn而生长不良。六是土壤酸化和Al毒害,杉木苗正常生长的pH值为4.5~6.5,最适宜的土壤pH值为6.0左右。我国杉木产区的森林土壤大多呈酸性反应,由于大气污染(有时称作酸性沉降)或者森林生态系统的一些生物、生理过程(林木根系和微生物的分泌物),导致系统内离子循环脱链,更加速了杉木林土壤酸化的速率。森林土壤酸化时土壤中一些营养元素的形态和溶解度发生变化,当酸化达到一定程度时势必诱发Al毒害。罗承德等根据四川盆地周边山地的二代杉木人工林调查分析数据,借鉴国内外森林土壤酸化研究方法,选择根际土壤pH值(KCl)、 Al^{3+} 、 Ca^{2+}/Al^{3+} 和凋落物 $Ca^{2+}/(Ca^{2+}+Fe^{3+}+Al^{3+})$ 作为参数,探讨杉木人工林衰退与Al毒害阈值研究结果表明^[8],有的林地虽立地条件较好,但已出现Al毒害,导致杉木人工林衰退,Al毒害阈值 $pH \leq 4.18$, $Al^{3+} \geq 31.66 mg/kg$, $Ca^{2+}/Al^{3+} \leq 1.809$ 和 $Ca^{2+}/(Ca^{2+}+Fe^{3+}+Al^{3+}) \leq 0.55$ 。七是轮伐期短,全树利用,导致输出生态系统的养分较多。轮伐期长短是影响下一代人工林地力下降的重要因素,一般认为温带地区80~100年的轮伐期不会造成地力下降。由于幼龄林边材和心材比例大于林龄大的林木,而树冠生物量与树干生物量之比随林龄变化亦有类似趋势。边材与心材相比以及树冠与树干相比,均为前者的营养元素含量大大超过后者。因此轮伐期越短,则造成地力下降越严重。若进行全树利用,移出生态系统之外的营养物质将显著增多,更易造成地力衰退。据马祥庆研究认为,杉木轮伐期越短,每采伐单位干物质(或树干)所带走的养分越多,对林地地力消耗越严重,同时短轮伐期还造成采伐、炼山及整地对林地的干扰频率增加,不利于杉木林下植被的生长发育,并提出了生态轮伐期的概念。八是“菌根遗毒”假说,张龙贵依据多年实践观察,应用“死活相克”原理提出“菌根遗毒与土壤生态平衡”假说^[12],并用该假说揭示杉木连栽引起地力衰退的实质是因头次栽杉木菌根尸体的积累,贫乏的杂菌一时解毒不了而阻碍连栽杉苗其菌根的再生,从而大大削弱了杉苗根系的吸收功能,导致杉苗自身的抗性下降,发根慢,烂根快,易病亡。九是杉木人工林生态系统的结构简单导致自我调节能力下降,目前杉木人工林的针叶化、纯林化现象十分普遍,再加上幼林阶段强度抚育和不适时间伐等因素,林下植物生长发育不良甚至严重缺失,生物多样性降低,林分结构简单。由于组成树种的生态习性、生态位和吸收特性与外界物质和能量的交换特性高度一致,造成系统的多样性降低,缓冲能力减弱,反馈调节系统构成简单,导致某些生态因子的强度持续增强或减弱,生态环境变化的单向积累,引起生态系统失去相对平衡,造成地力衰退的后果。

3 杉木人工林可持续经营的对策

针对当前杉木人工林地力衰退现状及其机理,进一步从杉木树种本身特性和杉木传统的栽培制度等方面探讨了杉木人工林地力维护的途径和可持续经营的技术体系,一是大力营造杉木混交林,目前国内有关混交林的研究渐受重视,大量研究结果表明,选择适当阔叶树种与杉木混交,增加林地凋落物量,加速其分解速度,能提高林地土壤肥力,因此营造混交林可作为防治杉木人工林连栽生产力下降的重要措施之一。与杉木混交树种主要有马尾松、柳杉、檫树、火力楠、栲树、木荷、樟树、福建柏、拟赤杨、观光木和毛竹等树种,但混交树种、混交比例和混交方式选择等方面的研究需进一步加强。二是实行杉木和阔叶树轮栽制度,我国南方杉木产区林农在长期经营实践中早已认识到杉木连栽生产力下降问题,创造了杉木造林的撩荒栽培制,即在杉木连栽2~3代后任其撩荒,自然恢复成阔叶杂木林,待肥力恢复后再砍阔栽杉。因此可借鉴南方林区杉木传统撩荒栽培制度,在杉木人工林收获后任其撩荒或改造其他树种,给林地以一定的生态恢复期,以恢复杉木林地肥力,阻止某些生态因子单向积累。三是保护和恢复林下植被,调整杉木人工林群落结构,目前大量研究表明,林下植被是杉木人工林的重要组成部分。林下植被对提高土壤肥力,减少林地水土流失,加快杉木凋落物的分解以及增加系统的多样性和稳定性等都具有重要作用,因此可通过调整杉木人工林群落结构的措施,保护、促进和恢复林下植被的生长发育,加速杉木人工林生物循环,提高其自肥能力,防治杉木人工林地力衰退。目前报道的主要措施有栽针留阔,栽针促阔,套种固N绿肥和肥土植物,适时间伐恢复林下植被或间伐后林下人工更新阔叶树等方法。四是改变杉木人工林传统不合理的栽培制度(经营措施),由于传统的炼山、大规格整地和全面松土除草的幼林抚育方式极易造成严重的水土流失,因此可通过不炼山、块状整地和块状抚育方式控制林地水土流失,尽量减轻人工林经营措施对土壤及植被的过度干扰,以维护林地肥力,并适当延长杉木轮伐期,延长林地生态恢复期,以达到恢复地力的目的,避免因采用全树利用方式,保护采伐剩余物,尽量归还林地,减少养分大量输出而造成的损失。五是林地施肥,通过施肥补充林地养分亏缺是防止杉木人工林生产力下降的有效措施之一,可通过施用化肥、城市垃圾肥、微肥和微生物菌肥等方法控制杉木人工林生产力下降,但由于杉木人工林面积大,人工施肥成本高,目前尚难进行大面积推广,故提高杉木人工林的自肥能力仍是解决当前杉木人工林地力衰退的主要途径。六是实行杉木人工林生态系统管理,通过遗传控制、立地控制、密度控制、群落结构调控以及维护和提高土壤肥力等技术途径,达到森林各子系统之间、森林与环境之间关系的协调,充分利用光能和地力,从而使人工林稳产高产,并根据各地实际情况和培育目标,合理组套栽培措施,形成不同的杉木栽培模式和栽培制度,使所采取的各种营林措施尽可能对杉木人工林生态系统的干扰减少到最小、影响时间最短的程度,尽快复原杉木人工林生态系统,保持持续经营和利用,同时借鉴中欧一些国家提出的“接近自然林业”、美国的“森林生态系统经营”和我国一些学者提出的生态林业等新理论和新思想,切实加强杉木人工林生态系统管理的全面研究,以确保杉木人工林的可持续发展。

参 考 文 献

- 1 杜国坚,丁文,戴慈荣.杉木连栽林地土壤微生物区系及生化特性和理化性质研究.浙江林业科技,1995,15(5):14~19
- 2 杜国坚,钱玉红,洪利兴等.杉木连栽回心土造林技术研究.福建林学院学报,1997,17(2):120~125
- 3 范少辉,马祥庆,陈绍桢等.多代杉木人工林生长发育效应的研究.林业科学,2000,36(4):9~15
- 4 方奇.杉木连栽对土壤肥力及杉木生长影响.林业科学,1987,23(4):384~391
- 5 何光训.杉木连栽林地土壤酚类物质降解受阻的内外因.浙江林学院学报,1995,12(4):434~439
- 6 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):255~260
- 7 林开敏,何智英,俞新妥等.炼山后杉木幼林地土壤肥力动态研究.福建林学院学报,1992,12(3):290~295
- 8 罗承德.四川盆地山地杉木人工林衰退与铝阈值.林业科学,2000,36(1):9~14
- 9 马祥庆,刘爱琴,黄宝龙.杉木人工林自毒作用研究.南京林业大学学报,2000,24(1):12~16
- 10 杨承桢,魏以荣,冯福娟.杉木连栽土壤组成结构性变化及对生长影响.林业科学,1996,32(2):175~181
- 11 俞新妥,杨玉盛,何智英.杉木幼林地水土流失规律研究.林业科学,1993,29(1):25~32
- 12 张龙贵.死活相克原理与“菌根中毒”假说——初析杉木连栽引起地力衰退之谜.浙江林业科技,1995,15(6):37~41
- 13 张其水,俞新妥.杉木连栽林地混交林土壤酶分布特征.福建林学院学报,1989,9(3):256~262
- 14 张先仪.整地方式对水土保持及杉木幼林生长的影响.林业科学,1986,22(3):25
- 15 陈洪.闽南混交林营造及种间关系调整效果分析.生态农业研究,2000,8(2):65~67
- 16 侯元凯等.森林生态系统经营研究.生态农业研究,1999,7(4):58~60
- 17 周学金,罗汝英,叶镜中.杉木连栽对土壤养分的影响及其反馈.南京林业大学学报,1991,15(3):41~49