

有机材料林地覆盖对雷竹林生态系统的负面影响研究综述

刘丽, 陈双林*

(中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

摘要: 雷竹林地有机材料覆盖是显著提高竹林经济产出的有效途径,但不合理的林地覆盖也会造成林地土壤发生机械结构差、持水性能下降、酸化、养分失衡、毒害化学物积累和微生物区系变化等物理、化学和生物性劣变的负面影响;土壤劣变致使竹林立竹度和立竹年龄结构不合理,立竹平均胸径和叶面积指数下降,竹鞭明显上浮,土层薄化。针对林地覆盖雷竹林退化的主要成因提出了加客土式土壤垦复的土壤物理结构改良措施,施CaO的酸碱度人工调节,利用化学、生物措施固定、降解和去除毒害化学物质,利用解磷菌和解钾菌菌剂等将土壤中固定态的养分元素转化为有效态供植物利用,利用微生物的分解作用分解林地存留覆盖物等恢复技术,并将其作为今后恢复退化雷竹林重点研究方向。

关键词: 雷竹; 林地覆盖; 土壤退化; 林分结构; 恢复技术

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)03-0327-04

Research summary of the negative influences of the mulched ecosystem of *Phyllostachys praecox* f. *prevernalis* forests with organic materials

LIU Li, CHEN Shuang-Lin*

(Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, China)

Abstract: The mulched technique with organic materials in *P. praecox* forest was an efficient approach to improve economic output of bamboo, some negative influences appeared as follows: the deterioration of mechanical composition of the soil, the decreased ability of water retention, the soil acidification, soil nutrient unbalanced, the accumulation of poisonous chemical elements and microflora shifted. Because of degeneration of the soil, the age and stand density of bamboo forests was unreasonable, average diameter at breast height(DBH) and leaf area index(LAI) dropped, bamboo rhizome floated upward, the soil layer got thin. Some improved measures were presented in this paper and got to the key research field according to the degradation of *P. praecox* forests, including adding guest soil and reclamation to improve the physical structure, applying CaO to adjust the pH, using chemical and biological measures to fix, degrade and remove the poisonous material, importing phosphate-solubilizing bacteria, potassium bacteria and others to transform fixed nutrients to available absorbed by plant, and employing microbe to decompose the rest of organic materials.

Key words: *Phyllostachys praecox* f. *prevernalis*; mulched forest; soil degeneration; stand structure; recovery techniques

雷竹(*Phyllostachys praecox* f. *prevernalis*)是我国优良的散生笋用竹种,有成林速度快、出笋早、笋味佳、产量高、经济效益好等特点,尤其是20世纪90年代初人工有机材料林地覆盖竹笋早出技术的

收稿日期: 2008-03-11 修回日期: 2008-10-31

基金项目: 浙江省林业科技项目(06A03); 杭州市科技攻关专项(20070632B31)[Supported by Forestry Programs of Science and Technology in Zhejiang Province(06A03); Key Technologies Research and Development Program of Hangzhou(20070632B31)]

作者简介: 刘丽(1984-),女,内蒙古包头人,硕士研究生,从事竹林生态研究,(E-mail)liuli0109@163.com.

*通讯作者(Author for correspondence): 陈双林(1965-),男,浙江龙游人,研究员,从事竹林生态研究,(E-mail)cslbamboo@126.com.

应用,极大地促进了雷竹资源的发展,许多雷竹适生区省份规模化引种栽培,目前仅浙江省栽培面积就达 13 万多公顷,并形成了以雷竹为主栽竹种的区域特色竹产业和农村经济支柱产业,如浙江省临安市、富阳市等。但近年来一些雷竹主产区陆续出现了竹林退化现象,且有日趋严重的趋势,目前仅临安市就有近 1/4(面积达 0.6 万多公顷),雷竹林已有不同程度的退化,严重影响到区域竹产业的可持续发展和竹农家庭经济收入的稳定来源。为此,本文根据国内相关研究文献,综述了有机材料林地覆盖对雷竹林生长的影响,针对性地提出需重点研究的恢复技术,旨在为雷竹林可持续经营提供科学依据。

1 林地有机材料覆盖对雷竹林土壤性状的负面影响

1.1 土壤机械结构持水性能下降

林地覆盖物多为 C/N 高、短期内难以分解的有机材料,如竹叶、苍糠、木屑等,自然出笋后覆盖物很难从林地中完全清除,连续的林地覆盖,使得林地土壤表层存留着大量的有机覆盖物,造成土壤原有的团聚体结构破坏,孔隙度、通气性、持水性等土壤物理结构发生剧变。刘力等(1994)研究了覆盖初期的高产早竹(*Phyllostachys praecox*)林与未覆盖早竹林林地土壤的物理性状,表明在覆盖初期覆盖竹林地耕作层土壤毛管孔隙度、非毛管孔隙度、毛管含水量、饱和持水量、自然持水量分别高于未覆盖林地 8.0%、1.1%、14.6%、13.1%、15.0%。但是连年的覆盖和覆盖物分解不彻底造成土壤物理性状破坏现象日益突出。而目前针对林地覆盖所引起的雷竹林林地土壤物理性状变化的研究较少,应着重开展对土壤结构改良有着指导意义的土壤机械结构组成、持水性能等方面研究。

1.2 土壤酸化

土壤酸化不仅与土壤中有机阴离子(碱)随竹林大量生物量产出移出林外的碳循环有关,还与施用氮肥后土壤铵态氮硝化和 NO_3^- 淋溶的氮循环有关(陈双林等,2002,2005),有机覆盖物分解产生大量酚酸类物质对土壤酸碱度也有明显影响(郑仁红,2006),覆盖竹林土壤 pH 值较不覆盖的平均降低 0.26(刘力等,1994)。而且,随着土壤 pH 值降低,交换性钙和盐基饱和度也降低,交换性酸总量显著增加, Ca/Al 下降,促使土壤更趋于酸化(姜培坤等,1999)。

1.3 土壤养分失衡

竹林生物量产出和土壤酸化使土壤有效氮、速效磷、速效钾显著降低(陈双林等,2002,2005),而林地覆盖物的分解又显著增加土壤速效钾、速效磷含量,抵消了降低量,增幅仍分别达 45.1%、159.2%(姜培坤等,1999)。且竹林大量施用氮肥,使氮输入量超过系统的需要,土壤阳离子损失量增加,造成除氮素外的必需养分元素亏缺,出现“氮饱和”效应(陈双林等,2002,2005),从而造成土壤 N、P、K 比例严重失衡,尤其是难移动性土壤磷素的高存留(姜培坤等,2000)。

1.4 毒害化学物积累

覆盖竹林土壤酸化使土壤中 Al、Mn、Pb、Cr、Zn 等重金属元素从固定态转化为植物有效态,含量明显高于未覆盖竹林(姜培坤等,2005;杨芳等,2003)。林地存留覆盖物分解产生大量对竹子鞭根系生长有抑制性化感作用的酚酸类物质,其含量随覆盖年限增加而上升,多酚氧化酶活性则呈相反的规律,从而使酚酸在土壤中不断积累(郑仁红,2006)。覆盖竹林竹笋中硝酸盐含量明显高于未覆盖竹林,最大值 $1\ 894.80\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (姜培坤等,2004),主要原因是由于覆盖竹林土壤中硝酸盐含量的显著提高。

1.5 土壤微生物区系变化

竹林地大量施用化学肥料和有机材料覆盖,引起土壤温度、湿度等环境因子的变化,有机态营养耗竭, C/N 和 N、P、K 间比例失调和酶活性异常(陈双林等,2005)及微生物量碳变化(杨芳等,2006),势必会造成土壤微生物区系的变化。董林根等(2005)以竹叶、苍糠和稻草 3 种有机材料覆盖雷竹林地,结果表明:覆盖后雷竹林微生物数量和种类显著提高,是未覆盖竹林的 30~60 倍,以细菌增加幅度最大,竹叶、苍糠处理变化幅度显著大于稻草。覆盖处理的真菌、细菌、放线菌数量均呈急剧上升、稳定、急剧下降的规律,对照的微生物数量相对稳定。覆盖一段时间后好气性微生物耗尽了覆盖物中下层的氧气,促进了厌气性微生物大量繁殖生长,产生大量影响土壤生化特性的代谢产物,从而影响竹林地下部分生长环境,因此认为林地增温、缺氧是有机材料覆盖竹林退化的重要原因。

2 林地有机材料覆盖对雷竹林地上结构稳定性影响

2.1 立竹度

竹笋早出集约经营雷竹林由于长期过量施用化

学肥料和连年林地有机材料覆盖等掠夺性经营措施的实施,引起竹子生长环境的恶化,使得规格新竹留养极为困难,立竹均匀度下降,而且新竹生长势弱。据研究覆盖的退化雷竹林立竹度区间每 1 hm^2 为 $0.8 \sim 2.8$ 万株,平均立竹度每 1 hm^2 为 1.7 万株,变异系数 31.1% ,且多数林分的立竹度处于上述分布区间的两极(周国模等,1998;1999),与相应的丰产林分所要求的立竹度每 1 hm^2 为 $0.9 \sim 1.2$ 万株(周国模等,1999)有显著差异。过小和过大的立竹度均会影响竹林的良好自我更新和经济产出,立竹度过小,环境资源利用率降低,林分制造的光合有机物减少,出笋量显著下降。而立竹度过大,会加剧具有生理整合能力的竹子个体间的种内竞争,也会导致出笋量、笋个体质量和新竹径级的显著下降。

2.2 立竹胸径

雷竹丰产林分结构的立竹胸径为 $3 \sim 5 \text{ cm}$ 之间,而有机材料林地覆盖退化雷竹林立竹平均胸径、整齐度显著下降。周国模等(1998)对 44 个样地的覆盖雷竹林立竹胸径调查表明,有 24% 的样地立竹平均胸径小于 3 cm ,且与林地覆盖年限呈负相关。而且雷竹林重度退化后,从竹林经营投入成本与经济产出考虑,及目前尚无理想的退化竹林恢复技术支撑,竹农往往会对退化竹林疏于管理或弃管,使立竹度迅速增大,从而使竹林立竹平均胸径下降到较低水平。

2.3 立竹年龄

高效栽培雷竹林立竹年龄要求 $1 \sim 3$ 龄比例为 70% 以上(周国模等,1998,1999)。林地覆盖的退化雷竹林由于规格新竹难以留养,或因覆盖物撤除过迟,新竹生长势弱,抽枝放叶不良或死亡,使竹林中当年新竹数量不够留养标准,竹农为达到立竹在林地中分布较为均匀的目的,保留了一些所着生的竹鞭已失去抽鞭发笋能力的老龄竹,甚至是来鞭、去鞭已死亡、腐烂的“孤立竹”,从而使竹林的立竹年龄比例不合理。据研究,覆盖雷竹林多数林分的 $1 \sim 3$ 年生立竹数占竹林立竹数的比例均小于 70% (周国模等,1998,1999)。

2.4 叶面积指数

竹叶是竹子利用太阳能进行光合作用的主要器官,叶面积指数与竹林生物量及经济产出有着密切的关系。林地覆盖雷竹林,叶面积指数因立竹度、立竹平均胸径、竹冠长、冠幅、枝盘数等林分结构主要因子的变化而发生变化,呈现出随竹林退化程度的提高而减少的趋势,轻度退化雷竹林的叶面积指数

较丰产林分的叶面积指数(5.95)降低 10% 以上,重度退化林分降低 50% 以上(董林根等,1999)。

3 林地有机材料覆盖对雷竹林地下结构更新能力影响

综上所述,林地覆盖退化雷竹林由于土壤发生物理、化学和生物性劣变,竹林地上部分林分结构稳定性下降,对竹林赖以自我更新的地下系统结构也产生了不利影响,是导致竹林退化程度越趋严重的重要因素,主要体现在:虽鞭段数增加,但鞭径、总鞭长、幼壮龄鞭比例、鞭芽数等显著降低;地下系统垂直分布格局变化,竹鞭明显上浮, 50% 以上地下鞭系分布于 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 土壤层,尤其是分布于存留着大量难以分解的有机覆盖物的 $0 \sim 10 \text{ cm}$ 上层土壤中(周国模等,1999;金爱武等,1998),从而使地下鞭系养分、水分吸收空间受到限制,产生土壤“薄化”现象。

4 有机材料林地覆盖退化雷竹林恢复技术重点研究方向

4.1 土壤物理结构改良

林地覆盖退化雷竹林土壤机械结构差,上层土壤混杂着较多的未清除彻底的难以短期腐烂的有机覆盖物,影响竹林地下鞭系良好生长。因此,必须对土壤的物理结构进行改良。目前在生产上采用加客土的作业方式有较好的效果,但依据竹林退化程度,在加客土的时间、客土量及配套的垦复措施等方面上需进一步研究。

4.2 土壤酸碱度人工调节

已有研究表明,当土壤 pH 值处于 4.5 以下时, pH 值与交换性 Ca^{2+} 、盐基饱和度呈明显的正相关,随着交换性 Ca^{2+} 含量和盐基饱和度的增加,土壤 pH 值呈上升的趋势(姜培坤等,1999)。因此,对于严重酸化的林地覆盖雷竹林土壤可用碱性物质如 CaO 进行土壤处理。应针对竹林地土壤类型和酸化程度着重开展高调节速率、无二次环境污染的碱性物质筛选和施用量、施用时间及对土壤有效养分、酶、微生物等影响的系列研究。

4.3 毒害化学物生物降解或固定

竹林地土壤中的重金属、酚酸类等毒害化学物质不仅影响竹林的良好生长,也影响到竹笋的食用安全。去除土壤中毒害化学物有物理、化学和生物

措施。土壤中重金属应着重研究化学、生物措施固定、去除,而有毒害作用的有机类物质应研究具有效益高、成本低、无二次污染的微生物降解技术,包括降解菌筛选、纯化、固定、田间施用条件优化及工厂化制剂生产等技术。

4.4 土壤有效养分释放

土壤大量元素失衡是林地覆盖退化雷竹林土壤劣变的主要特征之一,而土壤中相关的养分元素很丰富,但多呈束缚态,所以从土壤自肥能力出发,除重视竹林地土壤养分补充的肥种选择、施肥量外,应研究土壤中养分元素从固定态转化为植物有效态的释放技术,包括高效解磷菌、解钾菌等筛选,竹林专用复合微生物菌肥研制等。

4.5 林地存留有机覆盖物生物促腐

林地覆盖物多是 C/N 比高的有机材料,短期内极难腐烂,有的甚至要 4 年以上才能完全腐烂,其在竹林地中大量存留积累,对竹林地下鞭系生长负面影响很大。而在竹林经营过程中,覆盖物很难清理完全。因此,研究包括纤维素、半纤维素高效分解菌种筛选、作用条件及菌剂研制,达到短期内林地存留有机覆盖物微生物促腐技术,对生产实践具有重大的应用价值。

参考文献:

郑仁红. 2006. 覆盖栽培对雷竹林衰退的化感效应研究[C]. 北京: 中国林业科学研究院
 Chen SL(陈双林), Xiao JH(萧江华). 2005. Soil ecological management of cultivated bamboo stand(现代竹业栽培的土壤生态管理)[J]. *For Res*(林业科学研究), 18(3): 351-355
 Chen SL(陈双林), Yang WZ(杨伟真). 2002. Researches on soil degradation of artificial *Phyllostachys pubescens* in our country(我国毛竹人工林地力衰退成因分析)[J]. *China Fore Sci Tech*(林业科技开发), 16(5): 3-6
 Dong LG(董林根), Jiang XJ(姜小娟), Fang MS(方茂盛). 1998. Primary study of soil microorganism in Lei bamboo forest of protected cultivation(雷竹覆盖栽培林地土壤微生物的初步研究)[J]. *J Zhengjiang Fore Coll*(浙江林学院学报), 15(3): 236-239
 Dong LG(董林根), Wu WG(吴伟根), Zheng G(郑钢), et al. 1999. An effect of management disturbance in *Phyllostachys praecox* forest on leaf area Index(经营干扰对雷竹叶面积指数

的影响)[J]. *Economic Fore Res*(经济林研究), 17(2): 14-16
 Jiang PK(姜培坤), Xu QF(徐秋芳), Qian XB(钱新标), et al. 1999. Dynamic changes of chemical properties of warmer soil covered with different organic materials in *Phyllostachys praecox* forests(雷竹林地覆盖增温过程中土壤化学性质的动态变化)[J]. *J Zhengjiang Fore Coll*(浙江林学院学报), 16(2): 123-130
 Jiang PK(姜培坤), Xu QF(徐秋芳). 2004. Changes in nitrate content of bamboo shoots responsive to nitrogen fertilizer rate(雷竹笋硝酸盐含量及其与施肥的关系)[J]. *J Zhengjiang Fore Coll*(浙江林学院学报), 21(1): 10-14
 Jiang PK(姜培坤), Xu QF(徐秋芳). 2005. Dynamics of heavy metal amount in soil with different treatments under *Phyllostachys praecox* Stands(不同施肥雷竹林土壤重金属含量的动态分析)[J]. *J Soil Water Conserv*(水土保持学报), 19(1): 168-180
 Jiang PK(姜培坤), Yu YW(俞益武), Jin AW(金爱武), et al. 2000. Analysis on nutrients of soil under high-yield *Phyllostachys praecox* f. *prevelnalis* forest(丰产雷竹林地土壤养分分析)[J]. *J Bamboo Res*(竹子研究汇刊), 19(4): 50-53
 Jin AW(金爱武), Zhou GM(周国模), Zheng BS(郑炳松), et al. 1998. An effect of cultivation in mulched and protected *Phyllostachys praecox* plantations on its rhizome(覆盖保护地栽培对雷竹地下鞭的影响)[J]. *J Bamboo Res*(竹子研究汇刊), 17(4): 36-39
 Liu L(刘力), Pan XD(潘锡东). 1994. Study on high-yield *Phyllostachys praecox* forest for shoot and its physical and chemical properties of soil(早竹高产笋用林及其土壤理化性质分析研究)[J]. *J Bamboo Res*(竹子研究汇刊), 13(3): 38-43
 Yang F(杨芳), Wu JS(吴家森), Qian XB(钱新标), et al. 2006. Dynamic changes of soil microbial biomass carbon in *Phyllostachys praecox* stand with different fertilizers(不同施肥雷竹林土壤微生物量碳的动态变化)[J]. *J Zhengjiang Fore Coll*(浙江林学院学报), 23(1): 70-74
 Yang F(杨芳), Xu QF(徐秋芳). 2003. Changes in nutrients and heavy metal contents in soils under *Phyllostachys praecox* stands with different cultivation histories(不同栽培历史雷竹林土壤养分与重金属含量的变化)[J]. *J Zhengjiang Fore Coll*(浙江林学院学报), 20(2): 111-114
 Zhou GM(周国模), Jin AW(金爱武), He JC(何钧潮), et al. 1999. The influence of cultivation techniques used in covered protected plots on the high-yield property of Lei Bamboo plantation for edible shoots(覆盖保护地栽培措施对雷竹笋用林丰产性能的影响)[J]. *J Central South Fore Univ*(中南林学院学报), 19(2): 52-54
 Zhou GM(周国模), Jin AW(金爱武), Zheng BS(郑炳松), et al. 1998. Preliminary study on composition of Lei bamboo in protected plot(雷竹保护地栽培林分立竹结构的初步研究)[J]. *J Zhengjiang Fore Coll*(浙江林学院学报), 15(2): 111-115

(上接第 314 页 Continue from page 314)

Two new species of Lauraceae from Guizhou(贵州樟科的两新种)[J]. *Guizhou Sci*(贵州科学), 1: 44-47
 Glaziou AFM, 1912. Liste des plantes du Brésil central[J]. *Bull Soc Bot France*, 59(Mém. 3g): 594
 McNeill J, Barrie FR, Burdet HM, et al. 2006. International Code of

Botanical Nomenclature (Vienna Code) adopted by the Seventeenth International Botanical Congress Vienna, Austria, July 2005 [M]. A. D. G. Gantner Verlag, Ruggell, Liechtenstein
 Mez CC. 1892. *P. reticulata* Mez[J]. *Arbeiten aus dem Königl. Botanischen Garten zu Breslau*, 1: 119-120