

杉木米楮混交林土壤肥力研究

李鹏程 (三明市梅列陈大国有林场, 福建三明 365000)

摘要 [目的]探究6年生杉木米楮混交林与杉木纯林的土壤肥力差异。[方法]通过多点取样,测定与分析土壤容重、土壤>0.25 mm水稳性团聚体、孔隙状况、土壤水分性质及主要土壤养分含量。[结果]混交林0~20 cm容重下降2.8%,土壤水稳性团聚体增加5.6%,土壤结构体破坏率降低16.7%,非毛管孔隙度、总孔隙度分别增加11.9%和4.1%,自然含水量、最大持水量及田间持水量分别增加2.3%、20.2%和11.6%。土壤有机质、全氮、全磷、水解氮、速效磷、速效钾分别增加24.1%、17.4%、6.1%、13.3%、6.5%和13.7%。20~40 cm土层土壤理化性质也有不同程度的变化,尤其是土壤表层变化较为明显。[结论]杉木米楮混交林可以改善土壤肥力,起到遏制或减缓地力衰退的积极作用。

关键词 米楮;杉木;土壤肥力;地力衰退

中图分类号 S714.8 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)20-0092-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.20.024



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Soil Fertility of Mixed Forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Castanopsis carlesii*

LI Peng-cheng (Sanming City Meilie Chenda Forest Farm, Sanming, Fujian 365000)

Abstract [Objective] To study the difference of soil fertility between 6-year-old mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Castanopsis carlesii* and pure forest of *Cunninghamia lanceolata*. [Method] Through multi-point sampling, soil bulk density, water stable aggregates >0.25 mm, pore status, soil water properties and main soil nutrient contents were determined and analyzed. [Result] The 0-20 cm bulk density of the mixed forest decreased by 2.8%, the soil water stable aggregates increased by 5.6%, the soil structure damage rate decreased by 16.7%, the non capillary pores and total pores increased by 10.2% and 4.1% respectively, and the natural water content, maximum water capacity and field water capacity increased by 2.3%, 20.2% and 11.6% respectively. Soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus, hydrolyzed nitrogen, available phosphorus and available potassium increased by 24.1%, 17.4%, 6.1%, 13.3%, 6.5% and 13.7% respectively. The physical and chemical properties of 20-40 cm main soil also changed in different degrees, especially in the surface layer of soil. [Conclusion] Mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* can improve soil fertility and play a positive role in curbing or slowing down the decline of soil fertility.

Key words *Castanopsis carlesii*; *Cunninghamia lanceolata*; Soil fertility; Land degradation

杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]是南方林区主要用材树种。其生长迅速,树干圆满通直,材质优良。福建省闽西北地区经营杉木林历史悠久,积累了较为丰富的经验,是林农喜爱的人工造林树种的首选,造林面积大。据国家林业和草原局公布的第九次全国森林资源清查结果,福建省杉木林面积达到135.67万 hm^2 ,占全省森林的16.72%^[1],在林业建设中占有重要地位。三明市是杉木生长中心产区,杉木生长快、适应性强,是主要人工造林树种,甚至出现了多代连栽的现象。研究表明,营造杉木大面积纯林,尤其是多代连栽会导致严重的地力衰退,林分生产力下降^[2-6]。如何科学、有效地解决杉木经营中存在的问题,在林业生产中有着重大意义和深远影响。营造杉木阔叶树混交林是三明地区林业发展具有地域特色的经营模式,有研究表明一些杉木阔叶树混交林对改善土壤肥力有积极意义^[7-10],但有关杉木米楮混交林对土壤肥力的影响尚鲜见报道。

米楮[*Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hay.]系壳斗科栲属大乔木,是中亚热带常绿阔叶林主要建群种之一,树冠开展,枝繁叶茂,生态适应性强,能够培肥土壤,有很强的涵养水源和碳汇能力。谌小勇^[11-12]研究表明,24年生米楮人工林,有机碳储量259.84 t/hm^2 ,是优良的环境保护树种。涂育合等^[13]研究表明,米楮生长较快,树干通直,木材材质优良,气干密度0.625 g/cm^3 ,属于硬木类木材,坚果可食,同时还是正

红菇(*Russula vinosa* Lindbl Fr.)的宿主植物,经济价值较高。笔者对杉木米楮混交林土壤肥力进行了测定与分析,揭示其保肥培肥的能力,旨在为解决杉木地力衰退提供合理的混交组合和理论依据。

1 试验地自然概况

陈大国有林场位于三明市区西北部(117°30'~117°47'E, 26°14'~26°25'N),处于武夷山脉东伸支脉与戴云山脉交接地带,属于中亚热带大陆性兼有海洋性季风气候区。常年平均气温19.6 $^{\circ}\text{C}$,>10 $^{\circ}\text{C}$ 积温6550 $^{\circ}\text{C}$,常年平均降水量1820 mm,降水量大于蒸发量,空气相对湿度79%,四季分明,温暖湿润,雨量充沛,林地土壤主要为发育于花岗岩的山地红壤,土层深厚,发育状况良好,地带性林分为常绿阔叶林。试验林位于陈大国有林场溪垅工区4林班5大班6小班和9小班,海拔350~450 m,均为东南坡,坡度20 $^{\circ}$ 左右。原为杉木林,2015年皆伐。主要植被有苦竹(*Pleioblastus amarus*)、五节芒(*Miscanthus floridulus*)、黄瑞木(*Adinandra millettii*)、紫金牛(*Ardisia japonica*)等,林地较为肥沃立地类型(II类地)。

2 试验方法

2015年底在采伐迹地上,经过清杂,按照1.8 m×1.8 m块状整地,穴规格50 cm×50 cm×30 cm。2016年春营造杉木米楮1:1混交林,混交方式为株间混交。杉木采用相同的1年生裸根苗,米楮苗采用容器苗。容器苗育苗方法:米楮种子经湿沙层积贮藏,待种壳微微开裂,露白后,密播在高20 cm

作者简介 李鹏程(1973—),男,山东济宁人,工程师,从事森林资源培育和造林技术研究。

收稿日期 2021-12-03

细沙土苗床上,苗床细沙土采用硫酸亚铁 30 g/m^2 消毒。培育至 5 月上旬,小心取出芽苗,同时在根长 3 cm 处剪断(切根),用 5 000 倍茶乙酸溶液蘸根后,移到容器袋中种植。容器规格为 $4.8 \text{ cm} \times 10.0 \text{ cm}$,无纺布,基质为泥炭土 60%+杉木屑 20%+黄土 20%。按照常规方法育苗后,于第 2 年春季起苗,上山造林。幼林抚育管理采用常规方法。林分郁闭前,每年除草松土 2 次,第 1 次在 6—7 月,第 2 次在 9—10 月。在混交林林分中建立 3 个标准地,标准地面积为 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 。同时在相邻林地(约 150 m)同一坡面,立地条件相似的杉木纯林中(株行距同样为 $1.8 \text{ m} \times 1.8 \text{ m}$,苗木为 1 年生实生苗)建立相对应的 3 块标准地。幼林抚育管理方法与混交林处理相同。

2020 年底分别在杉木米楮混交林和杉木纯林中,按照“X”形,建立 5 个 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 的土壤剖面,混交林土壤剖面建立在杉木与米楮中间,杉木纯林建立在杉木与杉木中间。在 0~20、20~40 cm 土层采用容重圈和普通饭盒取土样。土壤肥力测定方法^[13]:土壤容重和土壤孔隙采用容重圈法,土壤团聚体采用机械筛分法。土壤结构体破坏率采用下式计算:

结构体破坏率 =

$$\frac{>0.25 \text{ mm 干筛团聚体} - >0.25 \text{ mm 湿筛团聚体}}{>0.25 \text{ mm 干筛团聚体}} \times 100\%$$

土壤养分分析:先将同一标准地 5 个剖面的同一层次土壤混匀后进行主要养分分析^[14],取平均值。有机质含量采用硫酸重铬酸钾法测定,全氮含量采用硫酸重铬酸钾法消化

蒸馏滴定法测定,全磷含量采用目视比色法测定,速效氮含量采用蒸馏滴定法测定,速效磷含量采用盐酸-氟化铵法测定,速效钾含量采用四苯硼钠比浊法测定。利用 Excel 2007 进行数据统计分析。

3 结果与分析

3.1 土壤容重 由表 1 可知,混交林 0~20 cm 土层土壤容重为 1.096 g/cm^3 ,杉木纯林 0~20 cm 土层土壤容重为 1.128 g/cm^3 ,混交林比杉木纯林下降 2.8%;混交林 20~40 cm 土层土壤容重 1.227 g/cm^3 ,杉木纯林 20~40 cm 土层土壤容重 1.253 g/cm^3 ,混交林比杉木纯林下降 2.1%。由此可见,0~20 cm 土层土壤容重降幅大于 20~40 cm 土层。0~40 cm 土层土壤容重比较表明,混交林比杉木纯林土壤容重轻。土壤容重是表示土壤坚实状况的重要指标,其大小取决于土壤结构和垒结情况。混交林土壤容重值降低,说明混交林地土壤较为疏松多孔。

杉木系浅根性树种,根系穿透力较差,米楮则是深根性树种,根系穿透能力较强。杉木与米楮混交林分,深根性的米楮树种根系向深层穿插后,根系更新、死亡,遗留在土壤深层,有利于改善土壤容重,也为杉木根系扩展创造了有利条件。杉木纯林土壤容重增加,与传统杉木经营密度较大,大量根系密集分布在土壤表层有关。集中分布的大量根系对土体产生了挤压,致使土壤容重变大。这种变化必然影响细根分布的深度和均匀性,进而影响林木对水分和营养物质的吸收,最终导致生长量下降。

表 1 混交林与杉木纯林土壤主要物理性状

Table 1 Main physical properties of soil in mixed forest and pure forest of *Cunninghamia lanceolata*

林分类型 Stand type	土层 Soil layers cm	容重 Bulk density g/cm^3	>0.25 mm 水稳性团聚体含量 >0.25 mm water stable aggregate//%	孔隙状况 Pore condition//%		土壤结构体破坏率 Failure rate of soil structure//%
				非毛管孔隙度 Non capillary porosity	总孔隙度 Total porosity	
混交林 Mixed forest	0~20	1.096	80.30/69.84	6.87	54.80	13.0
杉木纯林 Pure forest of <i>Cunninghamia lanceolata</i>	20~40	1.227	77.81/65.07	4.32	49.04	16.4
	0~20	1.128	78.73/66.15	6.14	52.62	15.6
	20~40	1.253	77.98/64.78	3.98	48.31	16.9

注:>0.25 mm 水稳性团聚体含量分子为干筛,分母为湿筛

Note: The numerator is dry sieve and the denominator is wet sieve of >0.25 mm water stable aggregate

3.2 土壤水稳性团聚体 土壤是由大小不同的土粒按不同比例组合而成,不同粒径混合在一起表现出的土壤粗细状况影响土壤水分、空气和热量运动,也影响养分的转化,还影响土壤结构类型。在土壤组成结构中发挥重要作用的是土壤水稳性团聚体含量。由表 1 可知,混交林 0~20 和 20~40 cm 土层 >0.25 mm 水稳性团聚体组成分别为 69.84% 和 65.07%,与杉木纯林同一土层比较,土壤水稳性团聚体含量分别增加 5.6% 和 0.4%。土壤水稳性团聚体含量增加意味着土壤胶结能力增强,能够形成更多通气状况良好的土壤结构,从而影响水、肥、气、热诸因子的协调,提高土壤肥力,增强抗冲能力。混交林 0~20 和 20~40 cm 土壤结构体破坏率分别为 13.0% 和 16.4%,比杉木纯林分别降低 16.7% 和 3.0%。混交林土壤水稳性团聚体含量增加及土壤结构体破坏率降低与米楮、杉木树种特性有关,米楮虽然是常绿树种,但每年都有

大量枯枝落叶掉落,回归土壤表面,且米楮枯枝落叶易分解,增加了土壤有机胶结物。杉木为针叶树种,叶寿命长,结构紧密。掉落时枝叶连在一起,不易接触土壤,枝叶又含有防腐物质,不易分解,在相当长时期内难以利用,即使分解有机胶结物含量也较低,多为酸性物质。这些酸性物质,还易引起土壤板结和 pH 降低。

3.3 土壤孔隙状况 由表 1 可知,混交林 0~20 cm 土层土壤非毛管孔隙度和总孔隙度分别为 6.87% 和 54.80%,而杉木纯林土壤非毛管孔隙度和总孔隙度分别为 6.14% 和 52.62%,混交林比杉木纯林分别增加 11.9% 和 4.1%,20~40 cm 土层分别增加 8.5% 和 1.5%。这表明杉木与米楮混交后,土壤孔隙状况得到了一定程度的改善,各层土壤结构和垒结状况有向好变化的趋势,说明混交林具有良好的通气状况,土体构造变得疏松、多孔,有利于水分渗透和养分输送,可以更好地

保水蓄肥。

3.4 土壤水分状况 土壤水分状况是评价土壤肥力的重要指标,土壤水分参与林木生长发育的整个过程,对林木生长发育起着重要作用。由表2可知,杉木米楮混交林0~20 cm土层土壤自然含水量、最大持水量和田间持水量分别较杉木纯林0~20 cm土层增加2.3%、20.2%和11.6%;杉木米楮混交林20~40 cm土层土壤自然含水量、最大持水量和田间持水量分别较杉木纯林20~40 cm土层土壤增加9.7%、7.0%和

8.2%,表明杉木米楮混交林土壤水分状况优于杉木纯林,同时也说明杉木与米楮混交后,使得土壤养分状况得到改善和协调,显然米楮的混交发挥了重要作用,杉木与米楮树种之间林木生长的差异,使得林分结构呈现垂直方向叠加及水平方向的交叉。林分郁闭度提高不仅可以减缓地表径流,保护水土,同时还减少了水分蒸发和蒸腾散失,使得混交林具有良好的保水和供水能力,昼夜湿度和温差变化较平缓,有利于保护林分的热量不流失。

表2 混交林与杉木纯林土壤水分性质

Table 2 Soil water properties of mixed forest and pure forest of *Cunninghamia lanceolata*

林分类型 Stand type	土层 Soil layers//cm	自然含水量 Natural moisture content//%	最大持水量 Maximum water holding capacity//%	田间持水量 Field water holding capacity//%
混交林 Mixed forest	0~20	19.87	38.41	32.73
	20~40	20.65	30.78	27.15
杉木纯林 Pure forest of <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0~20	19.43	31.96	29.34
	20~40	18.82	28.76	25.09

3.5 土壤养分状况 林木生长发育过程中需要消耗大量养分,其主要来源于土壤。由表3可知,混交林0~20 cm土层土壤有机质、全氮、全磷含量分别为38.65、1.42和0.52 g/kg,比杉木纯林分别增加24.1%、17.4%和6.1%;土壤水解氮、速效磷、速效钾分别为136.7、4.9和49.1 mg/kg,比杉木纯林分别增加13.3%、6.5%和13.7%。混交林20~40 cm土层土壤有机质、全氮、全磷分别为25.37、1.05和0.48 g/kg,比杉木纯林

分别增加4.5%、1.0%和2.1%;土壤水解氮、速效磷、速效钾分别为97.7、4.5和40.5 mg/kg,比杉木纯林分别增加2.1%、2.3%和1.0%。方差分析表明,0~20 cm土层混交林与杉木纯林土壤有机质、水解氮、速效钾在0.05水平差异显著,全氮、全磷、速效磷差异不显著。混交林20~40 cm土层土壤有机质、全氮、全磷、水解氮、速效磷、速效钾与杉木纯林相比差异均不显著,但混交林均高于杉木纯林。

表3 混交林与杉木纯林土壤主要养分状况

Table 3 Main soil nutrients of mixed forest and pure forest of *Cunninghamia lanceolata*

林分类型 Stand type	有机质 Organic matter//g/kg		全氮 Total nitrogen g/kg		全磷 Total phosphorus g/kg		水解氮 Hydrolyzed nitrogen mg/kg		速效磷 Available phosphorus mg/kg		速效钾 Rapidly available potassium//mg/kg	
	0~ 20 cm	20~ 40 cm	0~ 20 cm	20~ 40 cm	0~ 20 cm	20~ 40 cm	0~ 20 cm	20~ 40 cm	0~ 20 cm	20~ 40 cm	0~ 20 cm	20~ 40 cm
混交林 Mixed forest	38.65 a	25.37 a	1.42 a	1.05 a	0.52 a	0.48 a	136.7 a	97.7 a	4.9 a	4.5 a	49.1 a	40.5 a
杉木纯林 Pure forest of <i>Cunninghamia lanceolata</i>	31.14 b	24.28 a	1.21 a	1.04 a	0.49 a	0.47 a	120.6 b	95.7 a	4.6 a	4.4 a	43.2 b	40.1 a

注:同列不同小写字母表示同一土层土壤养分指标在0.05水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences of nutrient index of the same soil layer at 0.05 level

土壤有机质含量的大小决定了土壤肥力的高低,与之相匹配的全氮、全磷、水解氮、速效磷、速效钾是林木生长的要素。总体分析表明,混交林土壤养分高于杉木纯林,尤其在0~20 cm土层土壤养分增加比较明显,表明杉木和米楮混交有利于提高土壤养分积累和供应,可以遏制或减缓林地力衰退。

杉木是三明地区主要造林树种,长期的经营已经形成一整套行之有效的速生丰产林培育技术措施,气候、自然条件也非常适合杉木生长,但是长期单一树种经营模式,导致了土壤肥力下降,严重制约了杉木林的发展。杨承栋^[3]研究表明,由于连栽杉木生长量存在逐代下降的现象,在同一单元林地上连续栽植杉木,第2代杉木林与第1代杉木林比较,生长量下降10%~15%,第3代与第1代杉木林相比,生长量下降40%~50%^[3]。这种杉木林生长量一代不如一代,与杉木土壤

养分消耗以及营养物质循环受阻有关。该试验结果表明,米楮与杉木混交,在一定程度上可以减缓林地力衰退。

4 小结

该研究结果表明,杉木米楮混交林与杉木纯林的土壤肥力存在差异,混交林0~20 cm土层土壤容重下降2.8%,土壤水稳性团聚体含量增加5.6%,土壤结构体破坏率降低16.7%,非毛管孔隙度、总孔隙度分别增加11.9%和4.1%,土壤有机质、全氮、全磷、水解氮、速效磷、速效钾分别增加24.1%、17.4%、6.1%、13.3%、6.5%和13.7%。自然含水量、最大持水量及田间持水量分别增加2.3%、20.2%和11.6%。20~40 cm主要土壤理化性质也有不同程度的变化,但变化幅度小于0~20 cm土层土壤。总之,混交林相比较于杉木纯林(下转第118页)



注:A.侧面观;B.背面观;C.腹面观;D.斜面

Note: A.Side view;B.Back view;C.Ventral view;D.Slope

图8 *Hypothenemus* sp 小蠹

Fig.8 *Hypothenemus* sp.

参考文献

- [1] 蔡平,包立军,相入丽,等.中国枇杷主要害虫生物学特性及综合防治[J].中国南方果树,2005,34(2):38-41.
- [2] ZHENG S Z,JOHNSON A J,LI Y,et al.*Cryphalus eriobotryae* sp.nov.(Coleoptera:Curculionidae:Scolytinae),a new insect pest of loquat *Eriobotrya japonica* in China[J].Insects,2019,10(6):1-7.
- [3] 杨大强,张忠新,蔡平,等.枇杷毁灭性新害虫梢小蠹的发生与防治[J].中国南方果树,2020,49(1):47-50.
- [4] 殷蕙芬,黄复生,李兆麟.中国经济昆虫志:第29册鞘翅目小蠹科[M].北京:科学出版社,1984:152-181.
- [5] 朱传祥,刘世儒,卢希平.山东的小蠹虫种类及防治[J].山东林业科技,1991(2):53-56.
- [6] 张俊华.口岸截获外来小蠹彩色图鉴[M].北京:中国林业出版社,2019:60-63.
- [7] 周途,曹红妹,徐业,等.危害桑树的新害虫——暗翅足距小蠹[J].植物检疫,2020,34(1):57-60.
- [8] 吕佳.江西省材小蠹族 Xyleborini (Coleoptera:Scolytinae) 分类学与系统

发育研究[D].南昌:江西农业大学,2018.

- [9] 安榆林.外来森林有害生物检疫[M].北京:科学出版社,2012:381-385.
- [10] 黄建珍,吴振旺,张晓琼,等.杨梅毁灭性蛀干新害虫——小粒材小蠹[J].浙江农业科学,2006,47(2):202-203.
- [11] 胡茵青,陈瑾,王贤达,等.福建枇杷新害虫——枇杷梢小蠹 *Cryphalus* sp.研究初报[J].中国南方果树,2019,48(6):72-76.
- [12] GAO L,LI Y,XU Y,et al.*Acanthotomicus* sp.(Coleoptera:Curculionidae:Scolytinae),a new destructive insect pest of North American sweetgum *Liquidambar styraciflua* in China[J].Journal of economic entomology,2017,110(4):1592-1595.
- [13] 高磊,王建国,王章训,等.危险性害虫枫香刺小蠹的形态特征及发生现状[J].林业科学,2020,56(3):193-198.
- [14] JOHNSON A J,HULCR J,KNÍZEK M,et al.Revision of the bark beetle genera within the former *Cryphalini* (Curculionidae:Scolytinae)[J].Insect systematics and diversity,2020,4(3):1-81.
- [15] 王文荣,阮兆英.荔枝新害虫茶材小蠹的防治技术[J].中国南方果树,2003,32(5):34-35.

(上接第94页)

林土壤肥力得到了一定程度的改善,有利于遏制或减缓地力衰退,从而提高生产力,维持林地可持续经营。

参考文献

- [1] 郑开基.福建省杉木地径材积表研制[J].林业勘察设计,2019,39(3):35-39.
- [2] 崔国发.人工林地力衰退机理及其防止对策[J].世界林业研究,1996(5):61-69.
- [3] 杨承栋.杉木人工林地力衰退的原因机制及其防治措施[J].世界林业研究,1997,10(4):34-39.
- [4] 俞新妥.杉木栽培学[M].福州:福建科学技术出版社,1997.
- [5] 方奇.杉木连栽对土壤肥力及其林木生长的影响[J].林业科学,1987,23(4):389-397.
- [6] 俞新妥.杉木连栽林地土壤生化特性及土壤肥力的研究[J].福建林学院学报,1989,9(3):263-271.

- [7] 周东雄.杉木深山含笑混交林土壤肥力的研究[J].福建林学院学报,1994,14(3):220-224.
- [8] 陈洪坤.杉木-榿树混交林生长及其土壤肥力变化分析[J].林业科技开发,2005,19(5):36-38.
- [9] 周秀英.闽北山地杉木纯林和杉阔混交林的土壤肥力[J].福建林学院学报,2010,30(2):150-153.
- [10] 吕圣吉.杉木-木荷混交林土壤肥力与水源涵养功能的研究[J].安徽农业科学,2012,40(28):13844-13846.
- [11] 谏小勇,彭元英,张昌建,等.亚热带常绿阔叶林涵养水源效能的研究[J].中南林学院学报,1995(2):128-135.
- [12] 张崇涛.不同干扰程度下的米楮林碳汇效果研究[J].现代农业科学,2008(12):44-47.
- [13] 涂育合,陈永聪,郑肇峰.正红菇依存森林的群落学特征[J].植物资源与环境学报,2001,10(2):26-30.
- [14] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.