桉树科技　2021,38(1):23-30
EUCALYPT SCIENCE & TECHNOLOGY

DOI:10.13987/j.cnki.askj.2021.01.004

广东不同林龄桉树人工林土壤肥力比较研究

练金生[1,2]，高艳芳[1]，谢威[1]，丁佩[1,3]，郑晓钟[1]，殷祚云[1*]

(1. 仲恺农业工程学院园艺园林学院，广东 广州 510225；2. 白云园林建设工程有限公司，广东 广州 510000；
3. 北京字节跳动科技有限公司，广东 广州 510000)

摘要：为探讨目前桉树林经营对土壤肥力的影响以便采取相应对策，测定了广东肇庆 1、3 和 5 年生尾叶桉林的土壤理化性质。结果表明：随着林龄增长，土壤含水率下降，土壤容重增大，孔隙度减小；土壤有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷和速效钾含量均表现为随林龄的增加而显著下降，均随土层深度的增加而减少(全钾除外)，全钾含量随土层增加而增加；根据土壤主要养分分级标准得出土壤综合肥力为：1 a>3 a>5 a。桉树人工林抚育管理中，均衡施肥，维持土壤肥力，以实现桉树人工林的可持续经营。

关键词：桉树；林龄；土壤养分；相关分析；森林经营

中图分类号：S714.8　　**文献标志码**：A

Comparative Study on Soil Fertility of *Eucalyptus* Plantations of Different Ages in Guangdong Province

LIAN Jinsheng[1,2], GAO Yanfang[1], XIE wei[1], Ding pei[1,3], ZHENG Xiaozhong[1], YIN zuoyun[1]

(*1. Zhongkai College of Horticulture and Landscape Architecture, Guangzhou 510225, Guangdong China;*
2.Baiyun Garden Construction Engineering Limited Company, Guangzhou 510000, Guangdong, China;
3.Beijing Bytedance Technology Limited Company, Guangzhou 510000, Guangdong, China)

Abstract: In order to research the effect of *Eucalyptus* plantation forest management on soil fertility and to take corresponding countermeasures, the soil physical and chemical properties of 1-, 3- and 5-year-old *Eucalyptus* plantations in Zhaoqing, Guangdong province were examined. Results showed that as plantation age increased soil moisture content decreased, soil bulk density increased and soil porosity decreased. The soil contents of organic matter, total N (TN), total P (TP), total K (TK), available N (HN), available P (AP) and available K (AK) showed significant decreases with increasing of forest age and decreased with increasing soil depth(except total K). Meanwhile, the total K content of soil increased with increasing soil depth. Based on the nutrient classification of the soil, the soil fertility of the *Eucalyptus* plantations were ranked: 1 a > 3 a > 5 a. In the management of *Eucalyptus* plantations, balanced fertilization between nutrients and fertilization across years could provide a mechanism to maintain soil fertility and achieve sustainable management of such plantations.

Key words: *Eucalyptus*; forest age; soil nutrients; correlation analysis; forest management

我国于 1998 年实施天然林保护计划，严格禁止了天然林的商业采伐[1]。此项计划使木材生产中心逐步由华北国有天然林向南方人工林转变。至 2015 年，我国已有人工林 7 890 万 hm^2，占世界人工林总面积的 28.4%，占中国森林面积的 33.33%[2]。桉树(*Eucalyptus*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、落叶松(*Larix gmelinii*)和杨树(*Populus*)等均为人工林树种。小企业经营的桉树林财务效益良好，年内部收益率为 28%，收益率为 7 555 美元 hm^{-2}，但成本、木材价格和木材产量波动的风险较大[3]。基于我国经济的快速发展，木材消费量也与日俱增[4]。2013 年，在亚洲进口的

基金项目：广东省教育厅省级重大项目(2016KZDXM002)
作者简介：练金生(1994—　)，男，本科，林学，E-mail:15626041424@163.com
***通信作者**：殷祚云(1966—　)，男，博士，教授，主要从事生态学、林学和生物统计学研究，E-mail:yinzuoyun@163.com
致谢：本研究在野外调查和资料收集中得到了周厚龙、吕咏仪、马雅婷、何芷珊、林场负责人丁国洪的大力支持，谨此表示衷心感谢！

所有原木和木材中，我国进口份额分别占 71%和47%[5]。2014 年，中国木材消费与生产之间的巨大差距达到 5 119 万 m^3[6]。目前，国内原木、锯材进口量占全球贸易量的 1/3 以上，木材供需矛盾十分尖锐[7]。随着市场对木材的需要不断增长，我国已由木材生产国变成消费国和进口国[8]。当前国内桉树人工林面积 560 余万 hm^2，约占全国人工用材林面积的 6.3%，贡献木材产量达 1/3 以上[9]。广东省桉树人工林面积约 153 余万 hm^2，占全省林业用地面积的 14%[10]，是重要的民生林业。

桉树是桃金娘科(Myrtaceae)桉属(*Eucalyptus*)、杯果木属(*Angophora*)和伞房属(*Corymbia*)树种的统称[11]，具速生、高产、质优的特点，被作为国内南方速生丰产林战略性树种[12]。华南地区 60%～70%的桉树人工林属于短轮伐期人工林，其中 50% ～60%的林地采用连栽方式[13]。对国内纸浆产业经济发展影响巨大的同时，桉树种植引发的公共舆论一直以来都引发各界人士的高度重视。其栽培和经营管理措施不当所带来的植被多样性降低、土壤肥力衰退、水土流失、林木生长减缓等问题受到了广泛关注[14-18]。2010 年后，各地出现了桉树种植乱象，社会“反桉”现象严重，桉树的种植也受到很大的影响，部分地区还存在“限桉”、“禁桉”等政策，缺乏辩证客观的科学认识，桉树发展受限[19]。“桉树现象”究其根本，不在于桉树本身，而是现有政策措施不配套、缺乏技术人员支持以及不科学的掠夺式经营方式等[20]，科学管理桉树林才是解决问题的关键。基于此，本文通过对广东肇庆不同林龄桉树林的调查研究，探讨桉树林林龄与土壤因子之间的关系，揭示大规模连载桉树对林地土壤养分的影响状况，合理地分析桉树人工林生态方面的问题，为桉树人工林的可持续经营提供参考。

1 研究区概况与方法

1.1 研究区概况

研究样地位于广东省肇庆市四会市江谷镇陈村内的桉树人工林场(23°45′05″~23°46′97″N，112°63′25″~112°64′26″E)，属亚热带季风气候，年平均气温 21.3℃。最高温达到 38℃，最低温低至 1.2℃，年平均降水量为 1 805 mm，主要集中于夏季，年平均日照 1 702.3 h。林地承包权和经营权均为 20 a，本研究在不同林龄(1、3、5 a)尾叶桉(*E. urophylla*)人工林样地内开展，样地平均海拔高度为 37 m，坡向南，平均坡度为 38°。种植桉树前为马尾松林，种植的桉树品种为尾叶桉，带状开垦，株行距为 3.4 m × 1.4 m。林地土壤主要发育于花岗岩的风化物山地红壤。第一年营林施肥(N+P2O5+ K2O≥30% (15-5-9) 枸溶性磷含氯桉树复合肥料)两次，每次施肥 0.5 kg·株$^{-1}$，且铲除杂草；第二年施肥一次，每次施肥 0.8 kg·株$^{-1}$，林下杂草不铲除；后 3 a 均未进行施肥、除草等抚育管理。

表 1 研究地植被概况

林龄/a	胸径/cm	树高/m	物种丰富度/种	林下主要植物
1	3.7±0.7	3.6±0.7	25.7±2.9	粗叶悬钩子(*Rubus alceifolius*)、野牡丹(*Melastoma malabathricum*)、火炭母(*Polygonum chinense*)、鸡屎藤(*Paederia foetida*)
3	11.3±0.7	12.3±2.1	43.7±6.1	白花灯笼(*Clerodendrum fortunatum*)、野牡丹(*Melastoma malabathricum*)、芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、姬蕨(*Hypolepis punctate*)
5	15.6±1.0	17.1±1.7	28.7±4.9	野蔷薇(*Rosa multiflora*)、粗叶悬钩子、马唐(*Digitaria sanguinalis*)、火炭母

1.2 研究方法

1.2.1 调查方法和内容

1、3、5 年生尾叶桉人工林分别设置 3 块 20 m ×20 m 样地，以生态学野外调查常用的时空互代法对样地 1、3、5 年生林地土壤的物化性质进行比较分析。在样地内随机选取 5 个点，按 0～20、20～40

和 40 ~ 60 cm 挖取土壤剖面，用环刀(容积 100 cm^3)和铝盒取样，将同层土壤充分混合后按四等分法取土壤样品，密封袋保存，置阴凉透风处自然晾干。样品经 2 mm 孔径筛以去除粗根、瓦砾等杂质，并研磨过细筛后，常温保存待测。土壤的含水率检测采用烘干法；容重检测采用环刀法；土壤 pH 值检测用电位法；有机质检测用重络酸钾容量法；全氮检测用半微量开氏法；速效氮检测用碱解扩散法；全磷检测用硫酸—高氯酸消煮法；速效磷检测用碳酸氢钠法；全钾检测用氢氧化钠碱熔—火焰亮度计法；速效钾检测用醋酸铵—火焰亮度计法。

1.2.2　数据处理

采用 EXCEL 2010 对试验数据进行整理统计，运用 SPSS 23.0 进行差异性显著分析、多重比较(Duncan)及相关性分析等数据处理，显著性水平为 $P<0.05$，极显著性水平为 $P<0.01$。

2　结果与分析

2.1　土壤物化性质分析

2.1.1　土壤物理性质分析

从表 2 可知，桉树林的土壤含水率及孔隙度随林龄的增加显著下降，1 年生林地含水率显著高于 3、5 年生林地，1 年生林地孔隙度显著高于 5 年生林地。此外，土壤容重随着林龄的增长显著增加，3、5 年生林地容重显著高于 1 年生林地，随林龄的增加，土壤变得板结。

表 2　土壤物理性质差异性分析

林龄/a	含水率/%	容重/(g cm^{-3})	孔隙度/%
1	29.8±3.0a	1.3±0.07b	51.4±2.6a
3	24.2±1.9b	1.4±0.04ab	48.0±1.4ab
5	22.2±1.6b	1.4±0.04a	47.2±1.4b

注：不同字母表示不同林龄间差异性显著($P<0.05$)。

2.1.2　土壤 pH 值和有机质含量(SOM)

调查样地桉树林土壤 pH 值在 3.7 ~ 4.6 之间，呈强酸性。从图 1-(1)可知，不同林龄林地土壤 pH 值随林龄增加呈先升高再降低趋势，3 年生林地土壤 pH 值显著高于 1、5 年生林地。1、5 年生林地不同深度土壤之间 pH 值基本持平。3 年生尾叶桉林中，表层土壤(0 ~ 20 cm)pH 值较低。图 1-(2)结果显示，尾叶桉林土壤有机质含量随林龄及土层深度的增加而显著降低，1 年生林地有机质含量显著高于 3、5 年生林地，0 ~ 20 cm 层土壤有机质显著高于 20 ~ 40 cm 和 40 ~ 60 cm 层。5 年生林地土壤有机质含量较 1 年生林地沿土层剖面依次降低了 54.17%、58.82%、57.14%。

2.1.3　土壤全氮含量(TN)和速效氮含量(AN)

由图 2-(1)可知，土壤全氮含量随林龄和土层深度的增加显著下降，3 年生林地全氮含量较 1 年生林地下降了 24.2%，5 年生较 3 年生下降了 23.5%，说明尾叶桉在生长过程中对氮的吸收很大。由图 2-(2)可知，调查样地土壤的表层(0 ~ 20 cm)速效氮含量随林龄增加而下降，3 与 5 年生基本持平，1、5 年生林地不同深度土壤速效钾含量随深度的增加，下降趋势明显。

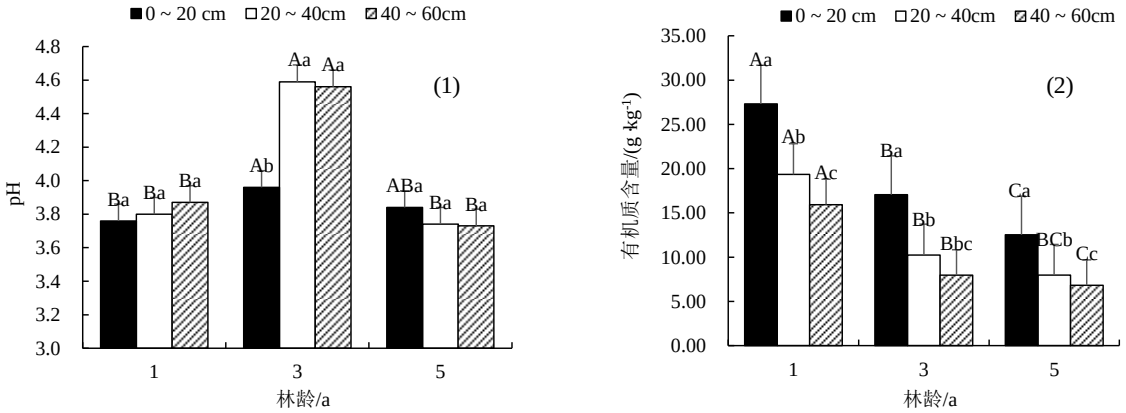

图 1　土壤 pH 值和有机质含量

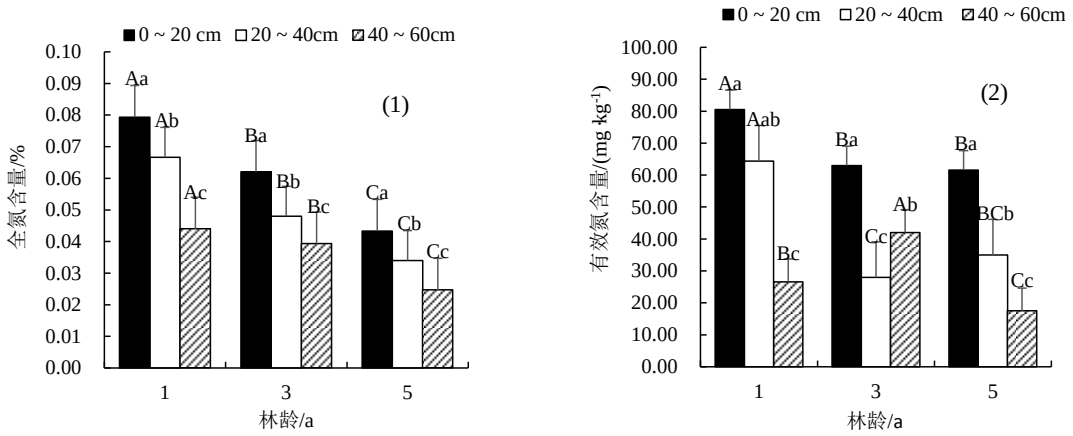

图 2 土壤全氮和速效氮含量

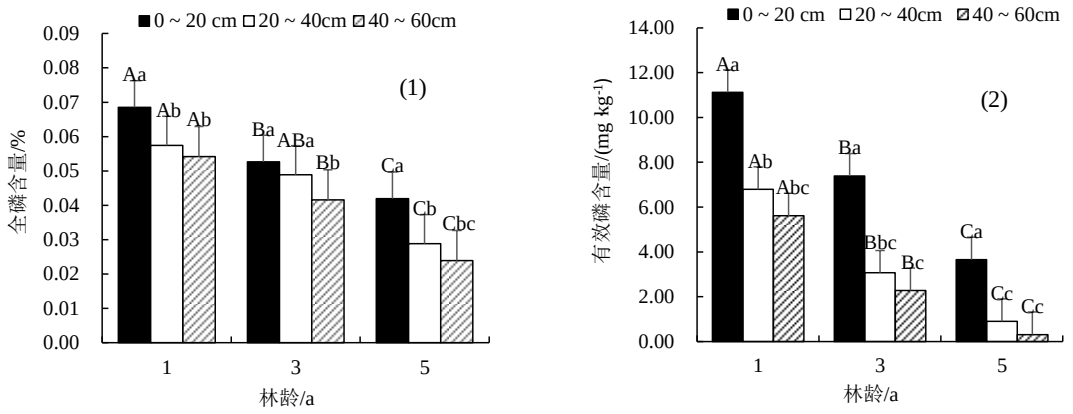

图 3 土壤全磷和速效磷含量

2.1.4 土壤全磷含量(TP)和速效磷含量(AP)

土壤全磷含量和速效磷含量随林龄增加显著下降(图 3)，同林龄土壤全磷含量和速效磷含量随土壤深度的增加而明显减少。3 年生林地全氮含量较 1 年生林地下降了 45.3%，5 年生较 3 年生下降了 62.2%。

2.1.5 土壤全钾含量(TK)和速效钾含量(AK)

由图 4-(1)可知，土壤全钾含量随林龄的增加而减少，同林龄不同深度土壤全钾含量随土壤深度的增加而增加。图 4-(2)表明，土壤速效钾含量随林龄的增加而减小，5 a 比 3 a 下降了 53.7%。同林龄不同深度土壤速效钾含量随土壤深度的增加而减少，K 是极易流失的元素，尤其 5 a 林地随深度增加下降明显，20 ~ 40 cm 比 0 ~ 20 cm 下降 51.4%，40 ~ 60 cm 比 20 ~ 40 cm 下降 11.3%。

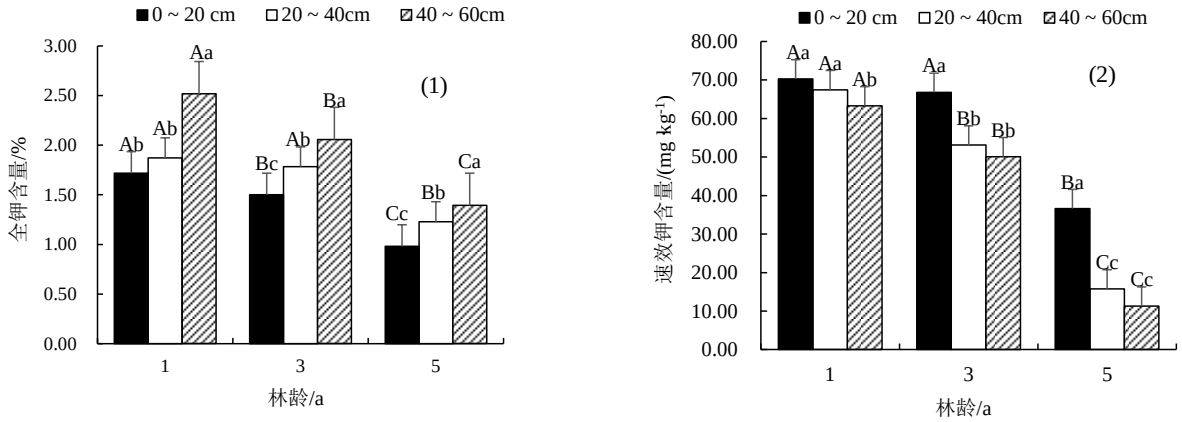

图 4 土壤全钾和速效钾含量

2.2　相关性分析及肥力评价

2.2.1　各养分指标的相关分析

由表 3 可知，土壤 pH 值与全氮呈显著负相关，与有机质、全磷呈极显著负相关。说明 pH 值的增加不利于全氮、全磷的释放及有机质分解。有机质、全氮、全磷和速效磷呈极显著正相关，与速效钾和速效氮显著正相关，土壤全氮、速效氮、全磷、速效磷和速效钾之间也互相呈显著或极显著正相关。

表 3　各养分指标间的相关性分析

因子	pH	有机质	全氮	速效氮	全磷	速效磷	全钾	速效钾
pH	1							
有机质	-0.354**	1						
全氮	-0.222*	0.923**	1					
速效氮	-0.247	0.788*	0.845**	1				
全磷	-0.035**	0.906**	0.830**	0.688*	1			
速效磷	-0.229	0.982**	0.912**	0.797*	0.940**	1		
全钾	0.338	0.233	0.007	-0.197	0.469	0.277	1	
速效钾	0.201*	0.776*	0.679*	0.590	0.951**	0.852**	0.587	1

注：*表示显著相关(P<0.05)，**表示极显著相关(P<0.01)。

2.2.2　土壤肥力综合分析

基于全国第二次土壤普查养分分级标准和广东省生态环境与土壤研究所土壤养分评价标准，运用主成分分析法分析土壤因子，以进行土壤肥力评价。由表 4 可知，1 a 土壤肥力等级在 4 级(中)，3 a 土壤肥力在 5 级(缺乏)，5 a 土壤肥力在 6 级(极缺)，即尾叶桉人工林的土壤综合肥力随林龄增加而下降。

表 4　调查样地土壤各养分含量

林龄/a	土层/cm	有机质/(g·kg^{-1})	全氮/%	全磷/%	全钾/%	速效氮/(mg·kg^{-1})	速效磷/(mg·kg^{-1})	速效钾/(mg·kg^{-1})
1	0～20	27.3	0.08	0.07	1.7	8.1	11.2	70.260
	20～40	19.3	0.05	0.06	1.9	6.5	6.8	67.470
	40～60	15.9	0.01	0.05	2.5	2.7	5.6	63.270
3	0～20	17.1	0.04	0.05	1.5	6.3	7.4	66.770
	20～40	10.2	0.03	0.05	1.8	2.8	3.1	53.090
	40～60	8.0	0.01	0.04	2.1	4.2	2.3	50.100
5	0～20	12.6	0.02	0.04	1.0	6.2	3.7	36.630
	20～40	8.0	0.01	0.03	1.2	3.5	0.9	15.770
	40～60	6.9	0.01	0.03	1.4	1.8	0.3	11.280

3　结论

(1) 尾叶桉人工林的土壤呈强酸性，土壤含水率及孔隙度随林龄的增加显著下降，3、5 年生林地含水率显著低于 1 年生林地，1 年生林地较 5 年生林地显著下降 7.7%，5 年生林地孔隙度较 1 年生林地显著下降 4.3%。土壤容重随着林龄的增长显著增加，3、5 年生林地容重显著高于 1 年生林地。

(2) 土壤各养分含量随林龄的增加而减少，同林龄林地土壤各养分含量随土层的深度增加而下降，全钾含量随着土层深度的增加而增加。总体来看，

有效磷较其他各养分降低幅度最大，在 40 ~ 60 cm 土层中其下降率达到 94.4%。1 ~ 3 a 期间，有机质、有效磷含量下降较大，0 ~ 20 cm 土层中有机质含量下降了 37.5%，40 ~ 60 cm 土层中有效磷含量下降率达到 59.4%。3 ~ 5 a 间，有效磷下降最为明显，沿土层剖面依次降低了 50.5%、70.5%、86.2%。其次是速效钾，在 40 ~ 60 cm 土层中，下降率为 77.5%。

(3) 土壤有机质对各养分的影响显著，土壤中的各养分依靠有机质的分解和人工施肥，钾含量主要靠原生矿物的分解转化；1 年生、3 年生、5 年生林地土壤肥力综合指标分别为中级、下级和贫瘠。

4 讨论

4.1 平衡施肥

尾叶桉林地土壤容重随着林龄的增长显著增加，土壤含水率及孔隙度随林龄的增加显著下降，罗云建等[21]也得出类似结论。杨志训等[22]研究指出 5 年生林地容重小于同龄林马尾松林地。容重的增加，孔隙度下降，土壤持水性变弱，表明土壤可能板结[23]。

目前桉树人工林仍属于高度集约经营的全树利用模式，桉树对土壤养分的利用率比其他大多数树种高[24]。研究表明不同龄级尾叶桉林土壤有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷和速效钾含量均表现为随林龄的增加而下降，均随土层深度的增加而减少(全钾除外)，全钾含量随土层增加而增加，这与王纪杰等[25]研究结果一致，说明尾叶桉生长的养分需求大于林中养分供给。其中，速效磷含量随林龄的增加而下降的幅度比其他养分大，在营林期间应加大速效磷的补充，满足植物生长过程中的速效磷需求。另外，尾叶桉林地有机质在 1 ~ 3 年生林地消耗量极大，营林者可在这期间增加有机质的补给，以改善土壤的物理特性，提升微生物和土壤生物的分解活动，提高土壤的保肥性和缓冲性，促进植物的生长发育。其次，速效钾含量在 3 ~ 5 a 间下降明显，在营林过程中应增加速效钾含量以满足植物的吸收。

调研样地营林抚育模式为前期(1 ~ 2 a)施肥，后期为降低营林成本而放弃施肥，这种“只用地，不养地”的种植方式直接导致桉树人工林生态系统的归还量显著低于吸收量，林地绝大部分养分以木材的形式运走，这是土壤肥力下降的最主要原因。为实现桉树人工林的可持续经营，建议加大桉树经营技术研究，在育种方面要选育良种，提高桉树的产量；在栽培技术方面推广免炼山的带状或穴状整地。此外，桉树人工林郁闭度低，林下植被保育有利于增加枯枝落叶和根系运动的速率，可有效缓解土壤板结，提高土壤保水能力和持水能力，改善土壤结构状况。在耕作技术方面要休耕轮歇和树种轮种，做到用地和养地同时兼顾；施肥方面，施足基肥，且南方林地土壤普遍缺乏磷肥，应注重追施磷肥或桉树专用肥[26]，桉树专用肥配比为 A(m (N)∶m (P)：m (K) =15：9：11)时，作为尾叶桉的追肥有利于桉树的生长和促进秋季木质化程度，提高抗旱能力[27]。此外，卢有伟等[28]指出在栽植桉树幼苗 1 年后应按照 0.25 kg·株$^{-1}$ 的标准追施桉树专用肥；次年 3—4 月按照 0.5 kg·株$^{-1}$ 得标准进行第二次追肥；3 ~ 5 a 根据 0.8 kg·株$^{-1}$ 的标准各进行一次追肥。通过平衡养分间和年份间的施肥量以满足不同龄级林地对不同养分的实际需求，保证迅速下降的养分得到及时补充，实现地力的可持续性利用。

4.2 政策激励

目前人工林经营依然存在政策措施不配套，缺乏政府必要资金支持等问题。政策因素对人工林经营的影响不比科学因素小[29]，此次所研究的尾叶桉人工林林地承包权和经营权均为 20 a，经营期较短致使林农为了短期经济效益而忽视了地力养护的重要性。为避免经营者过于注重短期效益和经济效益，忽视长期效益和生态效益，必须从生态学角度出发，结合科学与政策以寻找相对应的有效解决办法。

放宽森林自主经营权可以有效防止林地被掠夺性发展所破坏，但在林权改革进程中，林农被赋予的权利越来越少[29]。在一定程度上给予地方政府、村委会和农民林地长期使用权[29]，可促进农民自发保护资源，从而保证森林资源不受破坏，从根本上消除因滥伐而造成森林退化的潜在隐患[29]。为平衡各方利

益，建议政府组织和设立完善的林地产权的流转、征占、评估等制度和补偿机制[30]。补偿机制可根据地方政府、承包方、经营者对地力保护所做出的贡献建立评估体系，可请权威技术部门对地力进行评定，根据生态地力维护情况对应给予各方经济补贴或其他政策优惠，以鼓励农户长时期、大面积承包经营林地，建设示范基地，以点带面，辐射推动地力的可持续利用。

4.3　综合措施

倡导粗放经营向标准化集约经营商品林转变，实施“良政+良才+良地+良种+良法”，确保造林质量，提高桉树人工林单产，进一步加大生态林占比[27]。通过构建惠民良政的激励机制；储备良才，加强技术人才和经营人才的引进和培养；平衡施肥，发展良地；选育良种，适地适树；推广良法，保留原有植被的带状、穴状整地。综合实施“五良”战术，建立完备的林业生态体系和林业生产体系，实现可持续高产稳产的良性循环。

参考文献

[1] BAI G , WANG Y , DAI L , et al. Market-oriented forestry in China promotes forestland productivity[J]. New Forests, 2015, 46(1):1-6.

[2] LIU S R, WU S R, WANG H. Managing planted forests for multiple uses under a changing environment in China[J].Springer International Publishing,2014,44(1):1-10.

[3] ZHANG P, HE Y J, FENG Y M, et al. An analysis of potential investment returns of planted forests in South China[J].Springer Netherlands,2019,50(6):943-968.

[4] HE H, XU J T. Projection of Timber Supply and Demand Trends in China Based on an Econometric Model[J]. Forest Products Journal,2011,61(7):543-551.

[5] SEWALL. Global trade in wood fiber[Z].Sewall Insights,2014(4):1-6

[6] 陈水合. 2014 年我国木材消费、可供资源数量分析[J]. 中国林业产业. 2015(7):24-26.

[7] 谢耀坚.我国木材安全形势分析及桉树的贡献[J].桉树科技,2018,35(4):3-6.

[8] 刘能文,毛传伟,胡帆.我国木材市场供需情况与展望[J]. 中国人造板,2019,26(1):33-37.

[9] 刘涛,谢耀坚.中国桉树人工林快速发展动因分析及展望[J]. 桉树科技,2020,37(4):38-47.

[10] 广东省自然资源厅. 广东省自然资源厅关于广东省十三届人大二次会议第 1713 号代表建议答复的函[EB/OL].(2019-06-25).http://nr.gd.gov.cn/gkmlpt/content/2/2522/post_2522494.html.

[11] PING L, XIE Z Q. Effects of introducing Eucalyptus on indigenous biodiversity[J].Journal of Applied Ecology,2009, 20 (7):1765-1774.

[12] 杨尚东,吴俊,谭宏伟,等.红壤区桉树人工林炼山后土壤肥力变化及其生态评价[J].生态学报,2013,33(24): 7788-7797.

[13] 苏贻攀.桉树连栽对土壤养分含量的影响及应对措施[J]. 福建林业科技,2016,43(2):206-211,246.

[14] 李伟,张翠萍,魏润鹏.广东中西部桉树人工林植物多样性与林龄和土壤因子的关系[J].生态学报,2014,34(17): 4957-4965.

[15] LIU H , LI J. The Study of the Ecological Problems of Eucalyptus Plantation and Sustainable Development in Maoming Xiaoliang[J]. Journal of Sustainable Development, 2010, 3(1):197-201.

[16] LIANG J, REYNOLDS T, WASSIE A, et al. Effects of exotic *Eucalyptus* spp. plantations on soil properties in and around sacred natural sites in the northern Ethiopian Highlands[J].Aims Agriculture & Food, 2016, 1(2):175-193.

[17] HAN Y S,WEI Y C,OUYANG Z Y, et al. Effects of continuous planting rotation on forest structural characteristics and water holding capacity of *Eucalyptus* plantations[J].Acta Ecologica Sinica,2008,28(9):4609-4617.

[18] WEN Y G, LIU S R, CHEN F. Effects of continuous cropping on understorey species diversity of *Eucalyptus* community[J].Acta Ecologica Sinica,2011,31(8):2227-2235.

[19] 沈国舫.对当前践行“两山理论”的一些倾向的看法[EB/OL].(2020-08-01).http://www.zgxczx.org.cn/shijiao/1425.html.

[20] 杨民胜,李超,吴志华.提倡绿色作业,促进桉树可持续发展[J].桉树科技,2016,33(3):41-45.

[21] 罗云建,张小全.杉木(*Cunninghamia lanceolata*)连栽地力退化和杉阔混交林的土壤改良作用[J].生态学报,2007,27(2):715-724.

[22] 杨志训,秦连岗.不同林龄马尾松人工林表层土壤养分特征分析[J].林业资源管理,2014(3):101-104,121.

[23] 王嘉琛.多代尾叶桉人工林土壤肥力质量综合评价[D].长沙:中南林业科技大学,2019.

[24] 理永霞,罗微,贝美容.桉树对种植地土壤质量的影响[J].西部林业科学,2007,36(4):100-104.

[25] 王纪杰,王炳南,李宝福,等.不同林龄巨尾桉人工林土壤养分变化[J].森林与环境学报,2016,36(1):8-14.

[26] 吴延旭,谢晓敏.以科学发展观正确认识江西桉树可持续发展问题[J].经济林研究,2009,27(3):124-128.

[27] 刘奎,陆海燕,赵毅辉,等.不同配比桉树专用肥对桉树生长及元素吸收的影响[J].北华大学学报(自然科学版),2018,19(3):389-394.

[28] 卢有伟,陈勇.国有林场桉树单产造林技术及改进研究[J].绿色科技,2018(21):216-217.

[29] 曾令海,殷祚云.热带次生林经营[M].广州:广东省出版集团广东科技出版社,2013.

[30] 陈士银,杜盛珍.湛江市林地资源的可持续利用研究[J].林业经济问题, 2002(5):301-304.