

# 庐山土壤养分含量及垂直分布特征

王珍 (南京农业大学资源与环境科学学院, 江苏南京 210095)

**摘要** [目的]研究庐山不同海拔土壤下养分含量分布特征。[方法]对不同海拔土壤采样,测定不同海拔不同层次土壤的有机质、全氮、速效磷、速效钾、速效硼、速效铜含量。[结果]庐山土壤具有明显的垂直地带性,随海拔升高表现为红壤、黄壤、黄棕壤、棕壤;土壤有机质、全氮与海拔表现出显著正相关;土壤中速效磷、速效钾、速效硼表现相同趋势,随海拔升高,先升高后降低,而速效铜含量随海拔升高先降低再升高,且都以1 000 m左右为分界线,说明在高海拔(>1 200 m),小气候对土壤养分影响显著;土壤养分随土层加深呈明显下降趋势。[结论]该研究为庐山土壤资源开发利用提供理论依据

**关键词** 土壤类型;养分含量;土壤层次;海拔;庐山

中图分类号 S159.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)13-0132-04

## Soil Nutrient Content and Vertical Distribution Characteristics of Mountain Lu

WANG Zhen (College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095)

**Abstract** [Objective] To explore the distribution characteristics of nutrient content at different altitudes of Mountain Lu. [Method] By sampling at different altitudes, different altitudes and soil horizon of organic matter, total N, available P, available K, available B, available Cu of different levels were analyzed. [Result] The soil of Mountain Lu had obvious vertical zonality, as the altitude rose, the soil order is shown as Red earth, Yellow earth, Yellow-brown earth, Brown earth. The content of organic matter and total N in soil was positively correlated with altitude; Available phosphorus, available potassium and available boron showed the same trend, as the altitude rose, the content first increase and then decrease. The available copper was the opposite, all of them were dividing by about 1 000 meters, it showed the effect of microclimate on soil nutrients at high altitude. Soil nutrient showed a decreasing trend with the depth of the soil profile. [Conclusion] The study provides theoretical basis for the development and utilization of soil resources in Mountain Lu

**Key words** Soil type; Nutrient content; Soil horizon; Altitude; Mountain Lu

土壤养分是土壤肥力的核心部分,是土壤综合肥力评价的根本<sup>[1]</sup>。有机质是土壤的重要组成成分,也是土壤养分的重要指标<sup>[2]</sup>。土壤中的氮大部分以有机态存在,是植物生长发育的基础。全氮含量是反映土壤养分的基础<sup>[3]</sup>,研究全氮的分布具有重大的生态意义<sup>[4]</sup>。氮、磷、钾作为植物生长的重要限制性营养元素<sup>[5]</sup>,能够被植物吸收的速效磷、速效钾含量能够反映一部分土壤养分供应情况。微量元素也是评价土壤养分的重要指标,且微量元素对作物生长的影响范围较窄。笔者以庐山不同垂直高度土壤为研究对象,对不同海拔的红壤、山地黄壤、山地黄棕壤、山地棕壤的不同剖面层次[腐殖质层(A)、淀积层(B)]进行了养分含量分析,研究了不同垂直高度下土壤类型分布的垂直地带性及养分含量变化规律,并对庐山土壤进行综合肥力评价,旨在为庐山土壤资源开发利用提供理论依据,并为其植被类型、作物类型选择提供参考。

## 1 材料与与方法

**1.1 研究区概况** 庐山位于江西省北部九江市郊,北临长江,东南是鄱阳湖,位于115°50'~116°10'E,29°28'~29°45'N。庐山地处我国中亚热带北源,属亚热带季风湿润气候,海拔较高,具有鲜明的季风气候和山地气候的特点。根据积温的不同,庐山气候呈现从亚热带—暖温带—温带的垂直变化。庐山年均温11.5°C,年平均降水1 917 mm,年平均雾日191 d,年平均相对湿度78%。

由于气候的垂直变化,促使生物、土壤的分布也呈现有规律的变化。从下到上依次为红壤、山地红壤、山地黄红壤、山地黄壤、山地黄棕壤与山地草甸土等<sup>[6]</sup>。

## 1.2 样品的采集与制备

**1.2.1 土壤样品的采集。**于2017年7月7—11日进行土壤采样,根据不同高度的典型土壤,分别采集:海拔70 m,赛阳镇凤凰村的红壤;海拔630 m,碧云寺旁的山地黄红壤;海拔970 m,仙人洞附近的山地黄壤;海拔990 m,庐山会议旧址旁的山地黄棕壤;海拔1 270 m,大月山公路旁的山地棕壤(图1)。

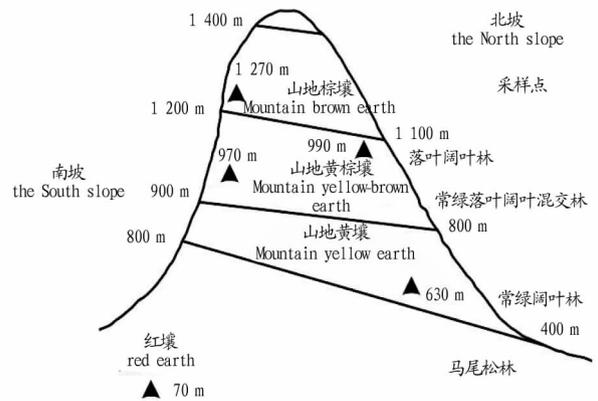


图1 庐山土壤-植被垂直分布

Fig. 1 The vertical distribution of the soil-vegetation types of Mountain Lu

**1.2.2 土壤样品的制备。**样品的风干:自然风干;粉碎与过筛:风干后拣去侵入体与新生体,磨细混匀,磨细样品全部过20目筛,用于有效养分的分析;部分过100目筛,用于全量养分的测定。保存:将磨好的土样分类放入不同袋中,做好标记,待测定。

**1.3 测定项目与方法** 有机质采用重铬酸钾容量法-外加热法测定;全氮采用半微量开氏法测定;速效磷采用0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub>法测定;速效钾采用浸提,火焰光度法测

定;速效硼采用沸水浸提,甲亚胺比色法测定;速效铜采用 DTPA-TEA 浸提,AAS 法测定。

## 2 结果与分析

**2.1 土壤-植被垂直分布特征** 由于庐山特殊的地理位置和气候条件,从下到上呈现从亚热带-暖温带-温带的垂直变化,决定了该区土壤类型及其植被类型均具有明显的垂直地带性特点<sup>[7]</sup>。

由图 1 可知,海拔 400 m 以下分布山地红壤;600 m 左右分布山地黄壤;400~900(800)m 分布山地黄壤;900(800)~1 200(1 100)m 分布山地黄棕壤;1 200(1 100)m 以上分布山地棕壤,而平坦的山顶 1 400 m 左右则分布山地草甸土。

表 2 不同类型土壤不同层次养分含量

Table 2 Nutrient content of different soil horizons of different soil types

土壤类型 Soil type	发生层 Soil horizon	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	速效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg	速效硼 Available boron mg/kg	速效铜 Available copper mg/kg
红壤 Red soil	A	23.00	0.65	3.45	44.28	1.01	0.78
	B	3.33	0.37	5.84	33.75	0.67	0.20
	平均 Mean	13.16	0.51	4.64	39.02	0.84	0.49
黄壤 Yellow soil	A	60.73	2.88	6.53	112.88	1.88	0.38
	B	15.01	0.32	8.19	28.97	2.75	0.23
	平均 Mean	37.87	1.60	7.36	70.92	2.31	0.30
黄棕壤 Yellow-brown soil	A	76.29	3.05	12.55	102.44	4.46	0.22
	B	11.57	0.42	6.79	53.37	1.86	0.28
	平均 Mean	43.93	1.73	9.67	77.90	3.16	0.25
棕壤 Brown soil	A	132.23	3.22	6.83	57.28	2.54	0.63
	B	54.17	1.46	3.93	47.09	0.68	0.47
	平均 Mean	93.20	2.34	5.38	52.18	1.61	0.55

对于不同土壤类型而言,有机质含量表现为红壤 < 黄壤 < 黄棕壤 < 棕壤,其中黄壤与黄棕壤的差异不大,这可能是采样海拔高度相差 20 m 所导致小气候差异不明显,虽形成了不同的土壤类型,但成土过程中的外力作用相似,并不能形成显著差异。庐山气候呈现从下到上相当于从亚热带-暖温带-温带的垂直变化,由于不同的水热条件而形成了不同类型的土壤。

由图 2 可知,随海拔的升高,有机质含量呈明显上升趋势。主要是因为随着海拔的变化,该地区光、温、水、热资源发生变化,导致局部小气候发生变化,从而影响土壤中有有机质的分解和积累。通常情况下,海拔每升高 100 m,温度降低 0.6 ℃,土壤湿度增大,从而导致有机质矿化变慢,利于有机质的积累<sup>[8]</sup>。

**2.2.2 全氮含量及其垂直分布特征。**由表 2 可知,土壤全氮含量表现为 A > B,对于不同土壤类型而言,全氮含量表现为红壤 < 黄壤 < 黄棕壤 < 棕壤。变化趋势与有机质含量相似,但全氮含量在中海拔变化小于有机质含量变化,这可能是植物类型不同所导致的,黄壤的优势作物为青岗栎、化香;而黄棕壤为茅栗、白辛树。植被类型的不同而导致土壤理化性质的明显差异<sup>[9]</sup>。

大气降水给土壤带来的氮占全氮量的很小部分,土壤母

对于植被而言,400 m 以下,多是以马尾松为主的针叶林;400~800 m 是山毛榉为主的常绿阔叶林;800~1 000 m 是常绿-落叶阔叶混交林;1 000~1 200 m 是落叶阔叶林;而 1 200 m 以上则主要是以黄山松为主的针叶林。除受海拔、气候的影响,其分布还与地形有明显的相关性。

## 2.2 不同土壤类型养分含量及其垂直分布特征分析

**2.2.1 有机质含量及其垂直分布特征。**由表 2 可知,土壤有机质含量表现为 A > B,这是由于庐山植被覆盖率高,土壤表面的枯枝落叶堆积,一方面通过微生物的作用分解成大量的腐殖质;另一方面,枯枝落叶有效减少了有机质向下淋溶。因此,A 层土壤有机质含量明显高于 B 层土壤。

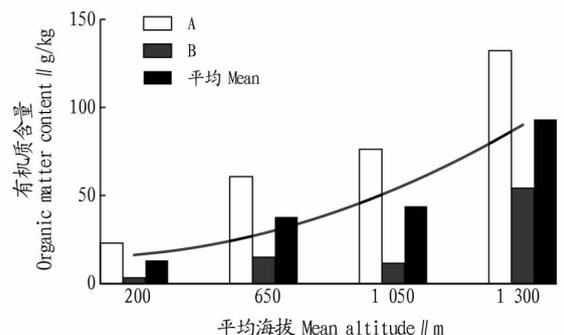


图 2 土壤有机质含量垂直分布

**Fig. 2 The vertical distribution of soil organic matter content** 质含氮量也极少。土壤有机质直接影响氮素供应<sup>[10]</sup>。其他因素对氮素的影响是通过影响土壤有机质的积累和分解而起作用。土壤的水分状况和质地是影响有机质和氮含量的 2 个重要因素。山地棕壤质地黏重,为壤质黏土,所处海拔地区的降雨丰富,水分含量大,故其有机质和氮含量相对较高;而红壤由于其处于低海拔,水分条件不佳而全氮含量低。由图 3 可知,全氮含量与海拔呈正相关关系。

**2.2.3 速效磷含量及其垂直分布特征。**由于磷很容易与土壤中的 Fe、Al 等金属离子发生共价吸附反应而难以被植物根系所吸收,致使其生物有效性降低,因此对土壤磷有效性

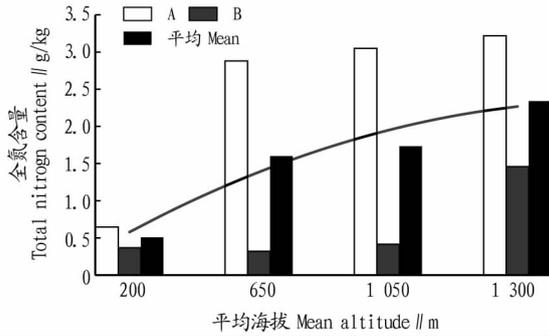


图3 土壤全氮含量垂直分布

Fig.3 The vertical distribution of soil total nitrogen content

的研究一直是相关领域的热点问题<sup>[11-12]</sup>。从表2可以看出,速效磷含量处于中等水平,在3.00~13.00 mg/kg。

由表2可知,速效磷含量表现为红壤<黄壤<棕壤<黄棕壤,并未表现出明显的线性关系。在中低海拔时,随海拔升高速效磷含量增加。高海拔时可能是由于其降雨量更大,降雨强度对其冲刷更大,而易造成磷的流失<sup>[13]</sup>。

由图4可知,在中低海拔,速效磷含量表现为A<B;但在中高海拔表现为A>B。可能是高海拔下,气温低,微生物活动不强烈,落叶堆积明显,而使表层土壤受植被影响富集磷的能力更强。而在低海拔时,温度较高,微生物作用、成土过程作用都较为强烈,从而磷的移动性强于高海拔地区,因此表现出表层速效磷低于淀积层。

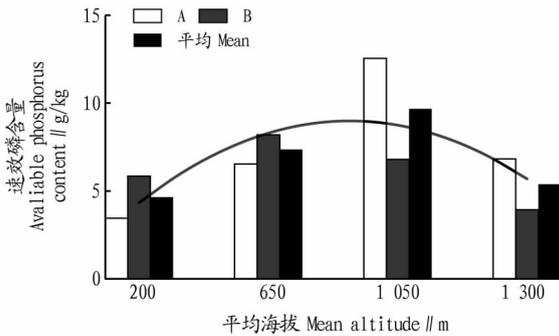


图4 土壤速效磷含量垂直分布

Fig.4 The vertical distribution of soil available phosphorus content

**2.2.4 速效钾含量及其垂直分布特征。**由表2可知,土壤速效钾含量表现为A>B,说明在不同土壤层次上,土壤速效钾含量分布受明显的生物富集或表聚作用<sup>[14]</sup>。

由图5可知,随海拔升高,速效钾含量先升再降,这与陈相宇等<sup>[7]</sup>的研究结果不完全相同。不同类型土壤速效钾含量表现为红壤<棕壤<黄壤<黄棕壤。棕壤速效钾含量低的原因可能是土壤过酸。随pH的升高土壤速效钾含量有升高趋势<sup>[15]</sup>,而在海拔1270 m大月山的棕壤采样点,土壤pH较低,针叶林植被下生长较多的蕨类(酸性指示植物),且采样点热量低、风大、降水多,淋溶作用强,盐基离子淋溶多,钾的移动性强,很可能淋溶至更下层土壤。

**2.2.5 速效硼含量及其垂直分布特征。**由表2和图6可知,土壤速效硼含量表现为A>B,对于不同土壤类型而言,速效

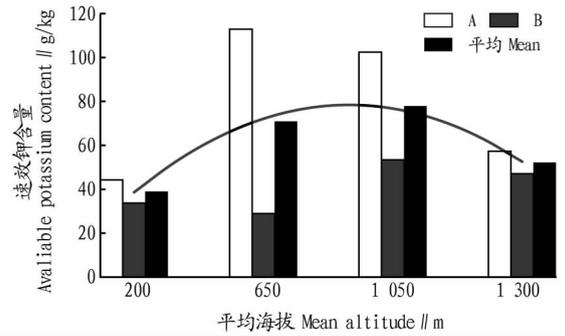


图5 土壤速效钾含量垂直分布

Fig.5 The vertical distribution of soil available potassium content

硼含量表现为黄棕壤>黄壤>棕壤>红壤,其含量与海拔无明显线性关系。在中低海拔下,随海拔升高,速效硼含量增加。但在高海拔地区呈下降趋势,高海拔棕壤速效硼含量较低可能是因为针叶林植被下形成的小气候中,土壤较酸,加上淋溶作用强,使其速效硼流失量增加<sup>[16-17]</sup>,从而出现下降趋势。

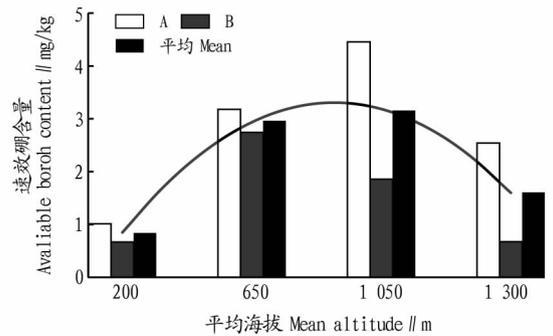


图6 土壤速效硼含量垂直分布

Fig.6 The vertical distribution of soil available boron content

**2.2.6 速效铜含量及其垂直分布特征。**由表2和图7可知,在中低海拔的红壤和黄壤及高海拔的棕壤,速效铜含量表现为A>B;但在中高海拔的黄棕壤,速效铜含量表现为A<B。这可能是黄棕壤采样点的淋溶作用强烈,使铜以离子形式淋溶淀积至B层。该研究庐山土壤的速效铜含量与有机质、全氮相关性未表现出吕静霞等<sup>[18]</sup>研究中的显著线性正相关关系。

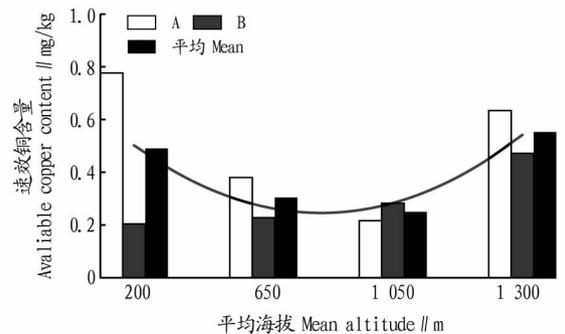


图7 土壤速效铜含量垂直分布

Fig.7 The vertical distribution of soil available copper content

在中低海拔,速效铜含量与海拔呈负相关,与姚京威

等<sup>[19]</sup> 研究结果相同,但在高海拔的棕壤区域,速效铜含量较高,表现为上升趋势,而速效铜含量与 pH 呈极显著负相关关系<sup>[18]</sup>。这可能与针叶林下小气候导致的土壤严重酸化有关,而此处的 pH 较低,因此速效铜含量相对较高。

### 3 结论与讨论

该研究表明,庐山土壤存在明显的红壤—黄壤—黄棕壤—棕壤地带性分布,其植被也表现出针叶林—常绿阔叶林—常绿—落叶阔叶混交林—落叶阔叶林—针叶林的地带性变化。

庐山土壤养分含量总体较高,随着土层加深,养分含量表现出下降趋势。有机质、全氮含量与海拔呈明显的正相关;而速效磷、速效钾、速效硼表现出相同趋势,随海拔升高,其含量先升高后降低,采样点低于 1 000 m 时,其含量与海拔有较好的正相关关系;速效铜随海拔升高表现出先降低再升高的趋势,与速效磷、速效钾、有效硼呈负相关。

在高海拔时(>1 200 m),小气候对其影响较大,针叶林植被下气温低、湿度大、郁闭度较高,他感作用强,酚酸等有机酸含量较高,使测定结果与预想的线性关系有差异,说明庐山特定的气候环境所形成的小气候对土壤养分影响较大。因此,在选择植被、作物时要注意小气候的影响。

### 参考文献

[1] 骆伯胜,钟继洪,陈俊坚. 土壤肥力数值化综合评价研究[J]. 土壤, 2004,36(1):104-106,111.  
 [2] 何牡丹,李志忠,刘永泉. 土壤有机质研究方法进展[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版),2007,26(3):249-251.  
 [3] 熊凯,宫兆宁,张磊,等. 再生水补水条件下土壤全氮空间分布特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2017,47(6):1829-1837.  
 [4] 朱晓芳,关雪晴,付晶莹. 庐山土壤全氮含量及其影响因素初探[J]. 安

徽农业科学,2008,36(16):6868-6869.

[5] CHENG D L, WANG G X, LI T, et al. Relationships among the stem, aboveground and total biomass across Chinese forests[J]. Journal of integrative plant biology, 2007,49(11):1573-1579.  
 [6] 王景明,卢志红,吴建富,等. 庐山土壤类型的特点与分布规律[J]. 江西农业大学学报,2010,32(6):1284-1290.  
 [7] 陈相宇,程凤科,徐长亮,等. 庐山土壤速效钾的垂直分布特征研究[J]. 安徽农学通报,2012,18(24):98-101.  
 [8] 尚斌,邹焱,徐宜民,等. 贵州中部山区植烟土壤有机质含量与海拔和成土母质之间的关系[J]. 土壤,2014,46(3):446-451.  
 [9] 于法展,齐芳燕,李淑芬,等. 江西庐山自然保护区不同森林植被下土壤理化性状研究[J]. 苏州科技学院学报(自然科学版),2009,26(3):68-71,76.  
 [10] 于法展,张忠启,陈龙乾,等. 庐山不同森林植被类型土壤特性及其健康评价[J]. 长江流域资源与环境,2016,25(7):1062-1069.  
 [11] BHATTI J S, COMERFORD N B, JOHNSTON C T. Influence of oxalate and soil organic matter on sorption and desorption of phosphate onto a spodic horizon[J]. Soil science society of America journal, 1998,62(4):1089-1095.  
 [12] 孟会生,洪圣平,杨毅,等. 配施磷细菌肥对复垦土壤细菌多样性及磷有效性的影响[J]. 应用生态学报,2016,27(9):3016-3022.  
 [13] 刘方,黄昌勇,何腾兵,等. 不同类型黄壤旱地的磷素流失及其影响因素分析[J]. 水土保持学报,2001,15(2):37-40.  
 [14] NEILSEN D R, WENDROTHE, PARLANDGE M B. Opportunities for examining on-farm soil variability[C]//ROBERT P C, RUST R H, LARSON W E. Site-specific management for agricultural systems. Madison, WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of American, and Soil Science Society of American, 1995:95-132.  
 [15] 邓小华,杨丽丽,周米良,等. 湘西喀斯特区植烟土壤速效钾含量分布及影响因素[J]. 山地学报,2013,31(5):519-526.  
 [16] 黄建凤. 影响土壤有效硼含量的因素研究[J]. 现代农业科技,2008(9):108,111.  
 [17] 黎娟,邓小华,王建波,等. 喀斯特地区植烟土壤有效硼含量分布及其影响因素:以湘西州烟区为例[J]. 土壤,2013,45(6):1055-1061.  
 [18] 吕静霞,王旭刚,付彭辉,等. 豫西地区有效铜含量分布及其影响因素[J]. 干旱地区农业研究,2014,32(3):155-160.  
 [19] 姚京威,李占斌,徐国策,等. 丹江典型小流域土壤有效铜分布规律[J]. 水土保持通报,2016,36(2):239-243,249.

(上接第 128 页)

资本,国有林场的第三产业将发挥巨大的潜力,使国有林场成为吸引社会群众游览、健身、康养新的胜地。同时,利用国有林场良好的生态环境,积极探索高端林下产业发展,培育具有浓厚地方特色的林产品,国有林场森林资源可挖掘空间十分巨大。

**3.5 积极开展科学研究** 林业是一个生产周期较长的行业,开展林业科学研究需要一支稳定的技术队伍。全省国有林场职工中本科以上学历有 843 人,国有林场定性为公益类事业单位后,林场职工无需再为温饱问题而发愁,大量的专业技术人员势必将工作重心转向林业科学研究,既可以追求个人技术职称的晋升,又可以对林业的发展做出积极贡献,一股开展科学研究的热潮正在兴起。由于国有林场具有人才和土地集中优势,不久将成为林业科研的主阵地。

### 4 结语

国有林场改革正在积极推进,新的林场体制机制正在形成并逐步完善,林业工作者要牢固树立“绿水青山就是金山银山”的理念,充分理解国有林场改革的精神内涵和工作要

求,正确把握国有林场森林资源发展方向,把国有林场建设为美丽森林主阵地、林业科研示范地、木材战略储备地、绿色产品优产地和百姓向往目的地。

### 参考文献

[1] 国家林业局. 国有林场管理办法[Z]. 2011.  
 [2] 罗应华,孙冬婧,林建勇,等. 马尾松人工林近自然化改造对植物自然更新及物种多样性的影响[J]. 生态学报,2013,33(19):6154-6162.  
 [3] 广东省林业厅. 广东省林业发展“十三五”规划[Z]. 2016.  
 [4] 广东省林业厅. 广东省森林资源规划设计调查操作细则[Z]. 2016.  
 [5] 杨水英. 森林资源保护培育与开发利用[J]. 农家科技,2017(7):210.  
 [6] 郑敏全. 我国林业科技推广体系的构建和完善[J]. 江西农业,2017(10):124.  
 [7] 王华南,黄敏怡,张苏峻,等. 林分改造与森林环境优化[J]. 广东林业科技,2007,23(6):82-87.  
 [8] 许秀玉,曾锋. 广东省森林生态效益补偿工作探讨[J]. 林业资源管理,2013(6):48-52.  
 [9] 孙艳,刘程程. 生态林建设法治化思考[J]. 学术交流,2010(4):81-84.  
 [10] 张苏峻. 广东省生态公益林效益补偿机制的现状与发展对策[J]. 广东林业科技,2007,23(2):99-103.  
 [11] 杨冬梅,赵亚蕊. 生态林投资绩效评价主体的选择[J]. 安徽农业科学,2010,38(6):3196-3197.  
 [12] 郭泽贵. 贵州森林旅游资源评价[J]. 贵州农业科学,2003,31(6):68-70.