

施肥对毛竹林地土壤养分和地上生物量的影响

张勇江^{1,2}, 詹顺保³, 汪峻², 田野^{1,2}, 郭晓敏^{2*}

(1. 江西农业大学 国土资源与环境学院, 江西 南昌 330045; 2. 江西省竹子种质资源与利用重点实验室, 江西 南昌 330045; 3. 江西师范大学 生命科学学院, 江西 南昌 330022)

摘要:对江西永丰官山林场毛竹林土壤养分及各竹龄毛竹生物量进行研究,结果表明:毛竹专用肥和矿渣肥能显著提高土壤养分含量,专用肥处理的土壤有效磷含量增幅最大,增加了156%,其次为矿渣肥处理后土壤速效钾含量,增幅为63%;施肥对竹林结构产生影响,施肥处理下竹林密度逐渐增大,专用肥施用后I度竹为35棵,比施肥前各度竹平均值增加了12棵,增幅为52.1%,矿渣肥增幅为22.4%,对照处理对立竹度的影响差异不显著。毛竹地上生物量主要分布在竹秆,其次为竹枝和竹叶,不同处理的地上生物量所占比重不同。

关键词:毛竹专用肥; 矿渣肥; 土壤养分; 地上生物量

中图分类号:S795.706 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2011)03-0542-06

Effects of Fertilization on Soil Nutrients and Aboveground Biomass of Moso Bamboo Forest

ZHANG Yong-jiang^{1,2}, LU Shun-bao³, WANG Jun²,
TIAN Ye^{1,2}, GUO Xiao-min^{2*}

(1. College of Land Resources and Environment, JXAU, Nanchang 330045, China; 2. Key Laboratory of Bamboo Germplasm Resources and Utilization of Jiangxi Province, Nanchang 330045, China; 3. College of Life Science, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

Abstract: The soil nutrients and aboveground biomass of bamboo after fertilization in Yongfeng, Jiangxi Province were analyzed. The results showed that the special fertilizer for bamboo and slag fertilizer could improve soil nutrient content significantly, compared with the control treatment (no fertilization but reclamation), the increase of the available P content under the special fertilizer for bamboo treatment was up to 156%, making the maximum followed by the rapid available K under slag fertilizer treatment up to 63%; fertilization impacted bamboo structure and increased bamboo density. The number of I degree bamboo under the special fertilizer for bamboo treatment was 35, 12 more than before, increase by 52.1%, however, the slag fertilizer treatment increased by 22.4%, the difference of the number under the control treatment was not significant. Bamboo biomass was mainly in bamboo stalk, the following was in branch and leaves, and the percentage of aboveground mass varied under different treatments.

收稿日期:2010-10-25 修回日期:2011-04-07

基金项目:国际植物营养研究所 IPNI 项目 (Jiangxi-18)、国家自然科学基金项目 (30860226)、科技部农业科技成果转化资金项目(2008GB2C500149)、科技部科技支撑项目(2008BADA9B0802)和科技厅学科带头人项目(030008)

作者简介:张勇江(1985—),男,硕士生,主要从事经济林养分管理研究, E-mail: zhanghao1985y@163.com; * 通讯作者:郭晓敏,教授,博士生导师, E-mail: gxmjxau@163.com。

Key words: special fertilizer for bamboo; slag fertilizer; soil nutrients; aboveground biomass

毛竹(*Phyllostachys edulis*)具有生长快、成材早、产量高、用途广、收益大等优点,毛竹林是中国南方的重要森林资源^[1]。目前毛竹的利用主要集中在笋用和材用两方面,其中利用最多的还是材用毛竹。对于材用毛竹,其地上生物量的合理分布,具有良好的株型,在实际生产具有非常现实的意义。但由于毛竹生产具有周期短,见效快等特点,其在实际生长中需耗费林地内的大量养分,因此合理及时地补充毛竹生长所需的各种养分是毛竹林丰产、稳产的必要措施^[2-4]。在此笔者研究了毛竹专用肥和矿渣肥对土壤养分状况以及不同年龄毛竹地上生物量分布的影响,以为指导生产实践进行合理培肥土壤,集约经营提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

永丰县位于江西省赣南山区,属中亚热带湿润季风气候,是江西省木材、竹材的主要产区。试验地设置在永丰毛竹中心分布区(永丰官山林场)。样地处于山坡中下部,地形平缓,海拔高度为125 m,东经115°29.860',北纬27°13.268'。土壤为花岗岩母质发育而成的黄红壤,土层厚40 cm以上,平均坡度5~16°,土壤pH值在4.2~6.0。日平均气温16.4℃,雨量充沛,平均年降水量为1 624.9 mm,平均日照时数1 737.1 h^[5]。竹林为大小年明显的花年毛竹林,林地水热、土壤和生境条件十分适宜毛竹生长。试验地主要为毛竹,且多为毛竹纯林,部分为与杉木或阔叶树组成的混交林。伴生的树种主要是杉木(*Cunninghamia lanceolata*(Lamb.) Hook)、木荷(*Schima superba*)等。林地无采伐和施肥历史,每年6月垦复1次,试验前为粗放经营模式。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 2009年1月选定立地条件相对一致地点,采用完全随机区组设置样地,安排毛竹专用肥(ZYF)($m(\text{N}):m(\text{P}_2\text{O}_5):m(\text{K}_2\text{O})=1:0.68:0.98$,总养分含量为29%)、矿渣肥(KZF)($m(\text{N}):m(\text{P}_2\text{O}_5):m(\text{K}_2\text{O})=1:0.67:0.48$,总养分含量为45%)和不施肥(CK)3个处理,3次重复,共9个样地,各样地均为20 m×20 m。样地间相隔5 m作缓冲带以防止串鞭,调查各样地立竹数和年龄结构。毛竹专用肥为江西农业大学研制,矿渣肥为安徽文胜肥业有限责任公司生产。肥料在每年的冬季孕笋期施入,施肥方法采用沟施形式:在毛竹林地上挖水平浅沟,不损伤竹鞭,沟宽10~25 cm,深10~15 cm,将肥料均匀施入沟内,施后立即覆土。毛竹专用肥施入量为750 kg/hm²,矿渣肥为483 kg/hm²。施肥和不施肥处理均每年秋季垦复1次。

表1 毛竹试验样地情况调查
Tab.1 Introduction of bamboo trial

| 处理 Treatments | 样地号 No. | 总立竹数/株密度/(株·hm ⁻²) Culm number Density | 平均胸径/cm Average diameter | 平均枝下高/m Average under-branch height | 树龄/a Stand age 1:3:5:7 | |
|------------------|------------|--|-----------------------------|--|------------------------------|-------------|
| ZYF | I-2 | 84 | 2 100 | 8.2 | 6.3 | 23:23:18:20 |
| | II-1 | 82 | 2 050 | 7.8 | 6.1 | 27:23:16:16 |
| | III-2 | 96 | 2 400 | 8.3 | 6.4 | 28:27:20:21 |
| KZF | I-3 | 95 | 2 375 | 7.9 | 6.1 | 35:25:15:20 |
| | II-3 | 75 | 1 875 | 8.6 | 6.5 | 29:20:8:18 |
| | III-1 | 89 | 2 225 | 8.1 | 6.4 | 38:19:10:22 |
| CK | I-1 | 80 | 2 000 | 7.6 | 6.1 | 23:20:17:20 |
| | II-2 | 87 | 2 175 | 7.9 | 6.2 | 23:24:18:22 |
| | III-3 | 95 | 2 375 | 7.8 | 6.2 | 29:25:25:16 |

1.2.2 样品采集 2010年4月在每个样地内按不同年龄(度)毛竹进行每木调查,统计计算不同处理各度毛竹的平均胸径,以此为依据在每样地内分别选出各度标准毛竹2株,沿竹兜处伐倒作生物量测

定,分别称取竹叶、竹枝、竹秆鲜重,并取代表的各部分样品带回实验室,测定含水率。

在各样地内以 S 型采 5 个土样,每个土壤采集深度为 0~30 cm,然后将同一样地的 5 个土样混合,用 4 分法将混合土壤选出 1 kg,用无菌袋装好,尽快带回实验室进行处理。

1.2.3 土样制备和测定 参照《土壤农化分析》^[6]进行。

1.2.4 数据统计与分析 应用 Excel 和 SPSS 软件对实验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 施肥对毛竹林土壤养分含量及其相关性的影响

土壤作为一种独立的自然体,对水、肥、气、热及林木根系生长空间具有调节功能,同时又受各种环境因素的影响,如土地利用方式的改变会导致土壤基本性质发生显著改变^[7-8]。表 2 反映的是在施毛竹专用肥、矿渣肥和不施肥处理下土壤的养分状况。从表 2 可以看出,体现土壤养分主要有全氮、碱解氮、有机质、有效磷和速效钾等,施肥处理相对于对照处理,其平均含量均有很大程度的提高。其中,土壤有机质、碱解 N 和有效 P,提高幅度专用肥处理 > 矿渣肥处理。相对对照处理,专用肥处理增幅最大的是有效磷,增加了 1.56 倍;其次增幅大小依次排列为速效钾、全氮、有机质和碱解氮,分别比对照增加了 46.7%、26.8%、20.7% 和 14.3%。而对于速效钾提高,施矿渣肥处理效果要优于专用肥处理,矿渣

表 2 各处理对土壤养分状况的影响

Tab.2 Influence of the soil nutrient under different treatments

| 处理 Treatments | 有机质/(g·kg ⁻¹) Organic matter | 养分项目 Soil composition | | | |
|------------------|---|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | 全氮/(g·kg ⁻¹) | 碱解氮/(mg·kg ⁻¹) | 有效磷/(mg·kg ⁻¹) | 速效钾/(mg·kg ⁻¹) |
| | | Total N | Alkali-hydro N | Available P | Soluble K |
| ZYF | 50.7 | 2.70 | 201.8 | 12.3 | 50.9 |
| KZF | 46.4 | 2.44 | 195.9 | 5.0 | 56.6 |
| CK | 42.0 | 2.13 | 176.6 | 4.8 | 34.7 |

表 3 施肥下土壤养分的相关性分析

Tab.3 Correlation analysis of soil nutrient contents

| 处理 Treatments | 养分项目 Soil composition | 养分项目 Soil composition | | | | |
|------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|-------------|-----------|---------|
| | | 有机质 | 碱解氮 | 有效磷 | 速效钾 | 全氮 |
| | | Organic matter | Alkali-hydro N | Available P | Soluble K | Total N |
| ZYF | 有机质 | 1 | | | | |
| | 碱解氮 | -0.999* | 1 | | | |
| | 有效磷 | 0.978 | -0.984 | 1 | | |
| | 速效钾 | -0.441 | 0.411 | -0.243 | 1 | |
| | 全氮 | 0.874 | -0.890 | 0.957 | 0.050 | 1 |
| KZF | 有机质 | 1 | | | | |
| | 碱解氮 | 0.204 | 1 | | | |
| | 有效磷 | -0.702 | 0.553 | 1 | | |
| | 速效钾 | 0.631 | 0.888 | 0.109 | 1 | |
| | 全氮 | 0.675 | 0.860 | 0.052 | 0.998* | 1 |
| CK | 有机质 | 1 | | | | |
| | 碱解氮 | 0.767 | 1 | | | |
| | 有效磷 | 0.399 | -0.282 | 1 | | |
| | 速效钾 | 0.038 | -0.612 | 0.931 | 1 | |
| | 全氮 | 0.008 | -0.635 | 0.920 | 1.000* | 1 |

肥较对照提高了 63.1% ,高于专用肥的 46.7% 。对于土壤有效磷 ,矿渣肥的施用效果不明显。产生以上效果的主要原因是施入的肥料能迅速补充土壤有效养分含量 ,促使速效 N、P、K 的提高。同时施肥能提高有机体的生物量 ,同时能增加土壤微生物的数量 ,促进微生物对有机体的分解作用 ,进而增加土壤有机质含量 ,提高速效养分的有效性^[9-11]。由于肥料各养分含量有差别而在土壤各养分的补充效果上产生差异。

对试验区毛竹林地土壤养分之间相关分析可以看出(表 3) ,各处理土壤全氮与有机质、有效磷和速效钾均达正相关水平 ,其中矿渣肥处理和对照处理速效钾和全氮含量之间的相关性差异显著($P < 0.05$)。有机质和碱解氮之前的专用肥处理负相关性显著水平 ,而在矿渣肥处理和不施肥处理两者呈正相关。各处理其它养分间相关性不明确 ,其客观规律尚待进一步研究。

2.2 施肥对各度竹立竹度的影响

立竹度是指单位面积上毛竹林分的立竹数 ,是衡量竹林生产力水平的一个重要指标 ,是用以说明毛竹密度水平是否合理及其合理程度的尺度^[12-14]。合理的竹林结构能够充分有效地利用太阳能和水肥条件 ,提高竹林的生物量。土壤肥力是土壤各方面性质的综合反映 ,土壤养分则决定土壤肥力的关键^[15]。通过施肥能显著提高土壤养分含量。土壤作为毛竹生长的载体 ,通过影响出笋量、成竹率进而影响到立竹数量^[16]。

从图 1 可以看出 ,I - IV 度竹总数毛竹专用肥处理为 104 株 ,矿渣肥处理为 95 株 ,对照处理为 86 株 ,毛竹专用肥处理 > 矿渣肥处理 > 对照。II - IV 度竹总数毛竹专用肥处理为 69 棵 ,矿渣肥处理为 67 棵 ,对照处理为 68 棵 ,说明在试验初期各样地林分状况差别不大。而引起 I - IV 度竹总数差别较大的原因是各处理 I 度数目差异。相比对照处理 ,专用肥处理和矿渣肥处理中 I 度竹分别多了 17 棵和

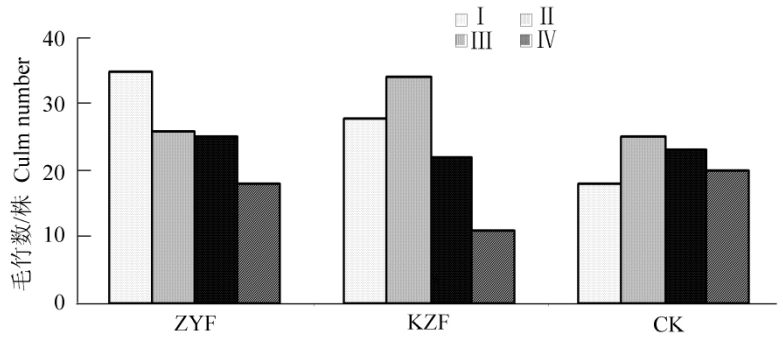


图 1 施肥处理对毛竹各度竹数量的影响

Fig. 1 Effect on the number of various degrees bamboo under different fertilization treatments

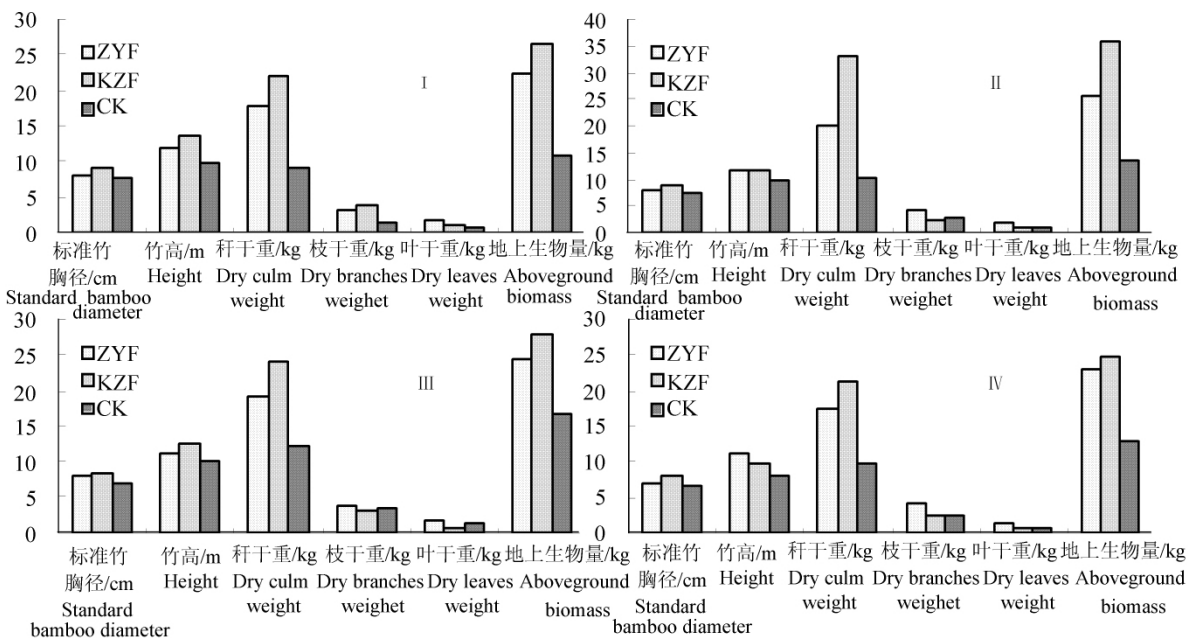


图 2 各度竹生物量指标对比

Fig. 2 Results comparison on the biomass of various degrees bamboo

10 棵,增幅为 94.4% 和 55.6%。这是由于专用肥在提高土壤有机质、N、P 的效果优于矿渣肥,提高土壤 K 素含量矿渣肥优于专用肥。土壤养分影响立竹度强度速效磷 > 速效钾,故而毛竹专用肥处理 I 度竹数量多于其他处理数量,且比同处理的老竹多。

2.3 不同施肥处理对各度竹地上生物量分布的影响

毛竹地上部分由秆(不包括竹兜)、枝、叶组成,所以地上生物量可以分解为秆干重、枝干重与叶干重 3 部分。其中影响单株毛竹生物量的两个主要指标是竹胸径和竹高。从图 2 可以看出,毛竹地上生物量主要集中在竹秆部分,竹枝、竹叶次之。3 处理中矿渣肥处理竹秆在地上部分干物质中所占的比重最大,平均为 86.9%,但其叶所占比重是 3 处理中最小的,平均为 2.73%,最少占 2.03%。专用肥处理和对照处理秆、枝、叶的比例大致为 13:2.8:1。

对不同处理下毛竹生物量各指标进行分析可以看出(图 3),在不考虑试验前林分平均胸径差异下施肥处理后毛竹高和胸径都有逐年上升的趋势,这说明施肥处理促进毛竹高增加和胸径增大发挥了作用。对照处理竹高变化不大,但胸径也有一定的增加,这是因为对照处理虽没有施肥,但垦复有利于改善土壤理化结构,促进笋的生长从而影响到胸径的增加。从图 3 中还可看出,从 I - IV 度竹秆干重、地上生物量均呈中间高,两头低的趋势,这体现了 II、III 度竹生命力旺盛,处于物质积累的高峰时期,而竹秆则是毛竹的最主要物质积累组织。枝干重和叶干重随着竹龄的增加有下降的趋势,其原因可能是随着竹龄增加,毛竹叶片掉落,竹竿脱水,代谢缓慢以及竹竿的一些组织结构出现坏死等引起。

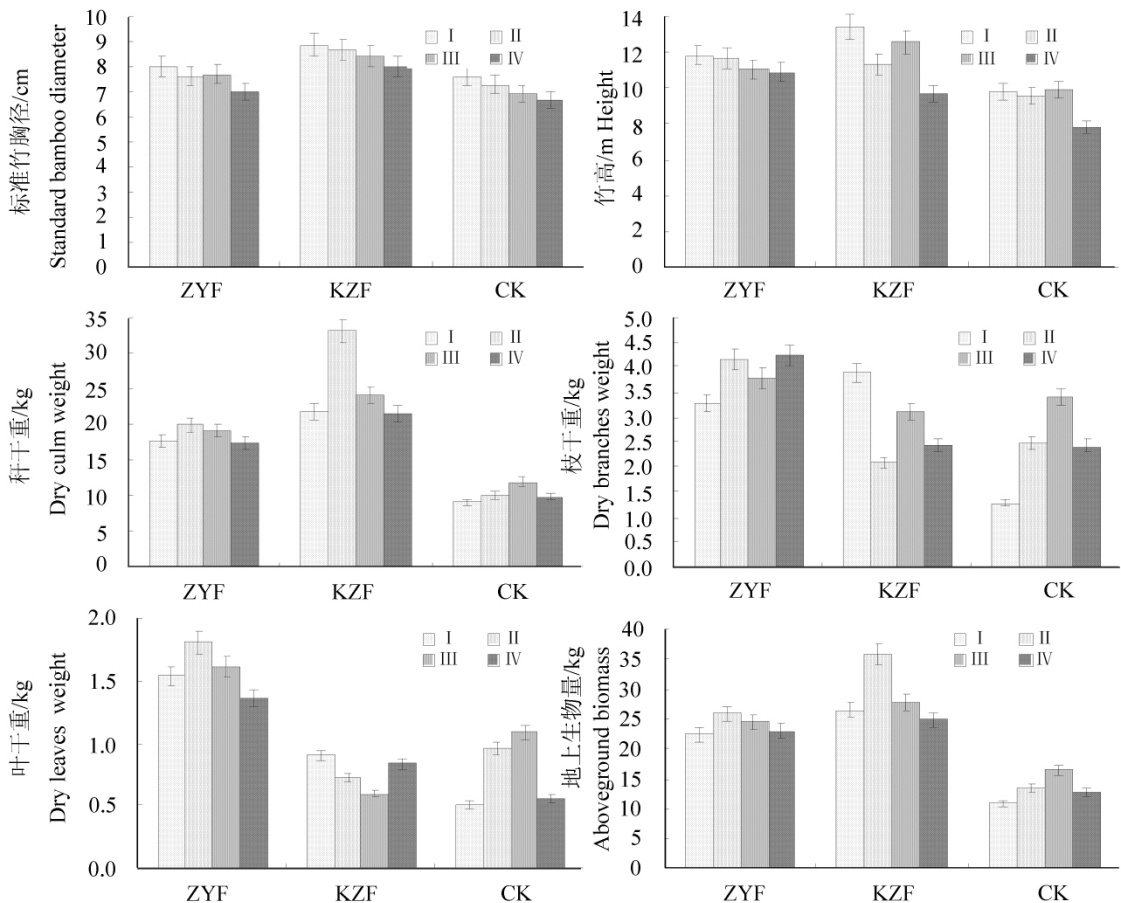


图 3 不同处理对地上生物量指标的影响

Fig. 3 Influence of different treatments on bamboo biomass over ground

3 结论与讨论

(1) 毛竹专用肥和矿渣肥处理对土壤有机质、全氮和速效 N、P、K 的提高都有良好的促进作用,两种处理各养分含量均高于对照,其中毛竹专用肥在有机质、全氮、水解氮和有效磷的提高上,要优于矿渣肥,而在速效钾的提高上,矿渣肥相比专用肥提高了 5.7 mg/kg。所以在毛竹林土壤培肥上,可以根据

土壤养分状况,选用合适的肥料施用,达到节本、增效的目的。

(2) 矿渣肥和对照处理土壤全氮与速效钾显著正相关,全氮与碱解氮在毛竹专用肥处理其含量显著负相关。

(3) 施肥处理毛竹数量有逐年增加的趋势,两种肥料中毛竹专用肥的肥效较优,能显著增加单位面积新竹数。而对照处理各度竹数量变化不大。

(4) 矿渣肥处理竹秆占地上部分的86.9%,而叶所占的比重比专用肥和对照处理的小,说明施肥能调整毛竹光合产物的分配,进而影响其生物量的分配。对于不同竹地上秆、枝、叶的分配,除了与施肥所产生的效果有关,还与样地试验前的毛竹林分状况有关,如试验前各度竹的数量、平均胸径和竹高都会影响新竹的干物质分配,其影响作用有待进一步研究。

参考文献:

- [1]江泽慧. 抓住机遇,开创未来,加速推进我国竹产业发展[J]. 竹子研究汇刊, 2002, 21(1): 1-8.
- [2]郭晓敏,牛德奎,杜天真,等. 毛竹林平衡施肥持续效应研究初报[J]. 江西农业大学学报, 2002, 24(6): 786-790.
- [3]郭晓敏,陈广生,牛德奎,等. 平衡施肥对毛竹笋产量的效应研究[J]. 江西农业大学学报, 2003, 25(1): 48-53.
- [4]傅懋毅,谢锦忠,方敏瑜,等. 不同用途毛竹林的施肥 I: 毛竹材用林的施肥[J]. 林业科学研究, 1988, 1(5): 541-546.
- [5]江西森林编委会. 江西森林[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986: 21-35.
- [6]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 33-166.
- [7]邵玉琴,赵吉,杨勋. 恢复草地和退化草地土壤微生物类群数量的分布特征[J]. 中国沙漠, 2004, 24(2): 223-226.
- [8]焦如珍,杨承栋,屠星南,等. 杉木人工林不同发育阶段林下植被、土壤微生物、酶活性及养分的变化[J]. 林业科学研究, 1997, 10(4): 373-379.
- [9]Mench M, Martin E. Mobilization of cadmium and other metals from two soils by root exudates of *Zea mays* L. *Nicotiana tabacum* and *L. Nicotiana rustical*[J]. Plant and Soil, 1991, 132(2): 187-196.
- [10]Merckx R, Vanginkel J H, Sinnaeve J, et al. Plant - induced changes in the rhizosphere of maize and wheat(II): Complex-ation of cobalt zinc and manganese in the rhizosphere of maize and wheat[J]. Plant and Soil, 1986, 96(1): 95-107.
- [11]Jones D L. Organic acids in the rhizosphere: A critical review[J]. Plant and Soil, 1998, 205(1): 25-44.
- [12]郭士林. 实生毛竹幼龄期不同立竹密度与挖取母竹数量的关系[J]. 江苏林业科技, 1987(4): 20-28.
- [13]林维彬. 坡位对毛竹立竹度的影响初探[J]. 亚热带水土保持, 2009, 21(3): 32-38.
- [14]林新春,黄必恒,孙培金,等. 苦竹林立竹密度和施肥效应研究[J]. 林业科技, 2007, 32(4): 19-21.
- [15]彭九生,黄小春,程平,等. 江西毛竹林土壤肥力变化规律初探[J]. 世界竹藤通讯, 2003, 1(4): 37-41.
- [16]孙刚,邓文鑫,王陆军,等. 安徽肖坑天然毛竹林生产力及其土壤养分特点[J]. 经济林研究, 2009, 27(3): 28-32.