

雷竹林地土壤肥力统计特征与空间分布

刘军¹, 徐旻昱¹, 吴家森²

(1. 杭州市余杭区林业工作站, 浙江 杭州 311100; 2. 浙江农林大学, 浙江 临安 311300)

摘要: 2014年对浙江省临安市、余杭区的雷竹 (*Phyllostachys praecox cv. prevernalis*) 林地表层 (0~30 cm) 土壤的 pH、有机碳、碱解氮、有效磷和速效钾的含量进行测定, 分析其的空间变异特征及影响因素。结果表明, 林地土壤的土壤有机碳 (18.3 g·kg⁻¹)、碱解氮 (159.7 mg·kg⁻¹)、有效磷 (119.1 mg·kg⁻¹)、速效钾 (192.3 mg·kg⁻¹) 含量高, pH 值较低 (5.0); 土壤肥力的空间分布特征为: pH 值北低南高, 有效磷和速效钾为北高南低, 而碱解氮、有机碳则呈西南高、东北低的趋势; 经营措施显著影响着土壤有机碳、碱解氮的空间分布 ($P<0.05$), 土壤 pH、有效磷、速效钾的空间变化同时受到土壤类型和人为经营的显著影响 ($P<0.05$)。

关键词: 雷竹; 土壤; 肥力; 空间分布

中图分类号: S714.8

文献标识码: A

Soil Fertility Properties and Spatial Distributio of *Phyllostachys praecox cv. prevernalis* Stand

LIU Jun¹, XU Min-yu¹, WU Jia-sen²

(1. Yuhang Forestry Station of Zhejiang, Hangzhou 311100, China; 2. Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, China)

Abstract: Determinations were implement in 2014 on soil fertilities, such as pH, organic carbon, alkali-hydrolysable nitrogen, available phosphorus and available potassium at 0-30 layer in *Phyllostachys praecox cv. prevernalis* stands in Lin'an and Yuhang, Zhejiang province. Analysis were made on spatial variation character. The result demonstrated that contentw of organic carbon, alkali-hydrolysable nitrogen, available phosphorus and available potassium were higher, but pH was lower. Spatial distribution of pH was lower in the north part and higher in the south, that of available phosphorus and potassium higher in the north and lower in the south, and that of organic carbon, alkali-hydrolysable nitrogen higher in the southwest and lower in the northeast. Investigations showed that management measures of the stands had great effect on spatial distribution of organic carbon, alkali-hydrolysable nitrogen, while spatial distribution of pH, available phosphorus and potassium was influenced by soil types and management measures.

Key words: *Phyllostachys praecox cv. prevernalis*; soil; fertility; spatial distribution

土壤肥力是度量土壤为植物正常生长提供并协调养分和环境条件, 决定了作物的产量和品质。由于人为的干扰, 如施肥、耕作、采伐等, 会导致土壤肥力发生变化, 从而影响着作物的生长和周边的生态环境^[1]。

雷竹 (*Phyllostachys praecox cv. prevernalis*), 又称早竹、早园竹, 是优良的笋用竹种^[2], 自然出笋期为3月初至4月底, 原产于浙西北临安市东部和余杭区西部毗邻交界的区域^[3]。20世纪80年代中后期, 以冬季地表增温覆盖和重施肥为核心的雷竹早产高效栽培技术的推广应用, 雷竹出笋期提早到1月初至3月底, 实现了反季节栽培, 产量也明显上升, 提高了经济效益, 是自然出笋雷竹林经济效益的8~10倍。雷竹早出笋栽培过程中, 覆盖物稻草、砻糠用量达50 t·hm⁻²·a⁻¹, 肥料用量2 t·hm⁻²·a⁻¹以上^[4]。临安中东部与余杭区西北部相接壤,

收稿日期: 2016-06-18; 修回日期: 2016-08-23

基金项目: 杭州市农业科研攻关专项“早竹林冰雪灾害应对与生产恢复关键技术研究示范”; 杭州市余杭区农技推广基金会“早竹林更新改造综合技术示范与推广”

作者简介: 刘军 (1961-), 男, 浙江余杭人, 高级工程师, 从事林业科技研究与推广工作。

是雷竹资源分布的集中区域,栽培面积达 40 000 hm²,2015 年雷竹笋销售额 10 亿元以上。以往的研究主要集中在雷竹林地土壤的微观分析^[5-7],土壤肥力的空间变化则集中于市、县区域^[8-9],而对于特色商品林的土壤肥力的空间变化则鲜有报道。

本文以浙西北的临安市和杭州市余杭区为研究区域,利用地统计学方法和 GIS 技术,研究集中连片分布雷竹林地土壤主要养分含量的空间分布特征,旨在为其土壤管理提供基础。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区域位于浙西北的临安市和杭州市余杭区,30°04′~30°31′ N,119°29′~119°02′ E,地处中亚热带向北亚热带过渡区。属亚热带季风气候,温暖湿润,四季分明,光照充足,雨量充沛,年平均气温 16.1℃,极端最高温 40.7℃,极端最低温-11.8℃,一月平均气温 3.9℃,七月平均气温 28.3℃,相对湿度 79.5%,年平均降水量 1 509 mm,年平均日照时数 1 527 h。西北向东北延伸的低丘缓坡中有雷竹分布,人工大面积栽培后,则种植于农田改造的旱地中,雷竹生长区域的海拔在 30~100 m。

1.2 样品采集

根据雷竹的分布特点,利用临安市、余杭区森林资源分布图,分别在临安市和余杭区的雷竹产区,按 1 km×1 km 网格布设雷竹林土壤样地(公里网格中有雷竹分布的点即为采样点),共在分布区的 10 个乡镇设采样点 195 个(图 1A),其中临安市 6 个乡镇 91 个采样点,余杭区 4 个乡镇 104 个采样点,2014 年 7-8 月采集各样地土壤。在选定的样点地块上,按“S”型布点,分别采集 5 个点的表层(0~30 cm)土样,将其混合,然后采用四分法分取样品 1 kg 左右,带回室内风干,过 2 mm 筛,待用。

1.3 分析方法

有机碳采用硫酸重铬酸钾—外加热法;碱解氮采用碱解扩散法测定;有效磷采用 Bray 法,盐酸—氟化铵溶液浸提,钼锑抗比色法测定;速效钾采用乙酸铵浸提,火焰分光光度法测定;pH 值用酸度计法(水土质量比为 2.5:1)^[10]。

1.4 数据处理及分析

使用 SPSS (18.0) 软件进行描述性统计分析,采用 R 软件的 gstat 模块拟合半方差函数,利用 ArcGIS 9.3 进行克里格插值,分析土壤肥力质量的空间分布格局。

2 结果与分析

2.1 土壤肥力统计特征

表 1 雷竹林地土壤养分统计特征
Table 1 Statistics characters of soil nutrients in *Ph. praecox* cv. *prevernalis* stand

指标	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
pH	3.0	7.8	5.0	0.9	18.0
有机碳/(g·kg ⁻¹)	2.3	58.0	18.3	7.0	37.6
碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	44.8	414.0	159.7	60.5	37.3
有效磷/(mg·kg ⁻¹)	4.4	591.2	119.1	124.5	101.5
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	40.0	625.0	192.3	124.9	64.0

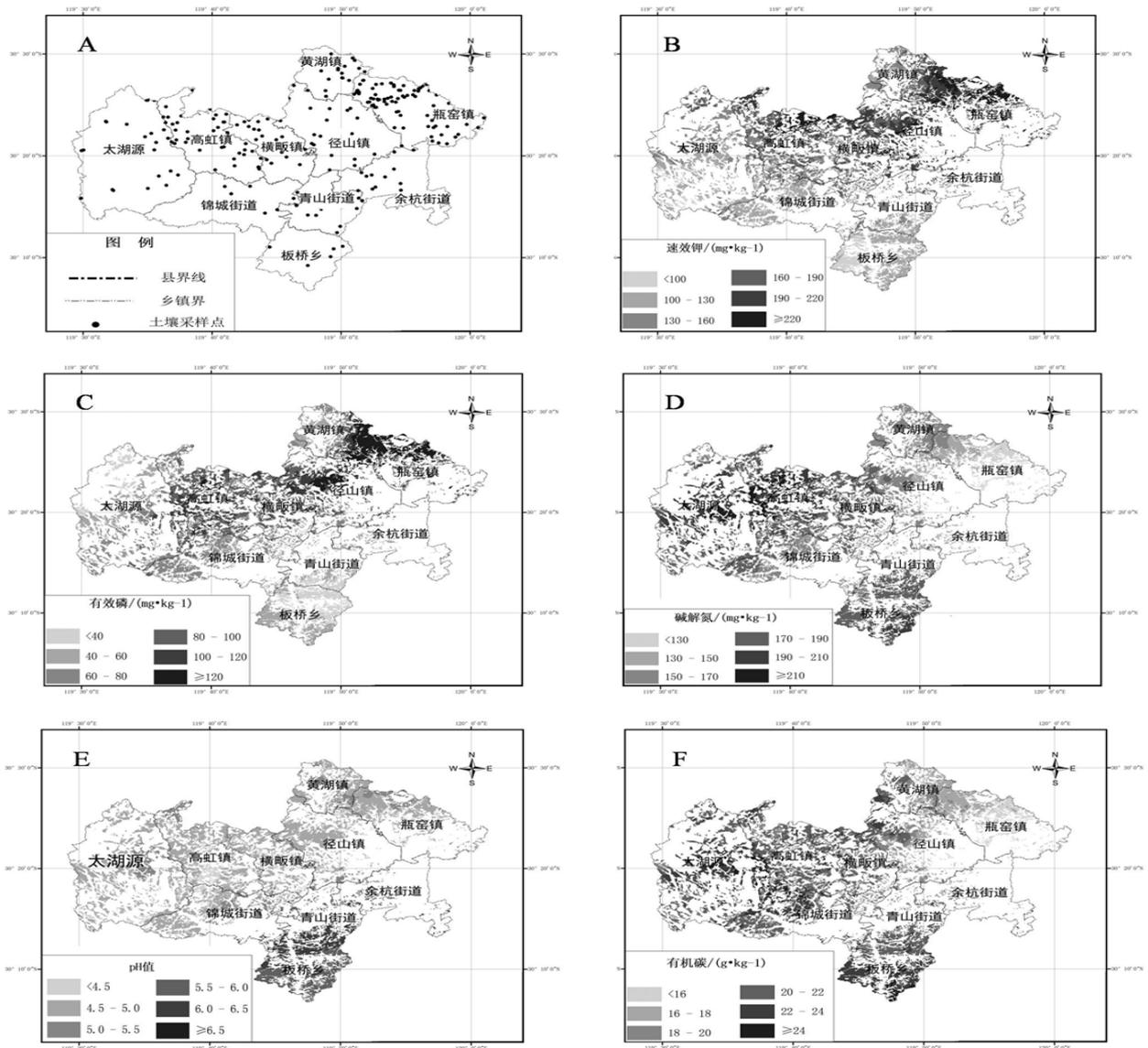
由表 1 可知,浙西北雷竹林地土壤肥力总体特征表现为“四高一低”,即高含量的土壤有机碳、碱解氮、有效磷、速效钾和较低的 pH 值。土壤有机碳含量平均值达 18.3g·kg⁻¹,碱解氮、有效磷、速效钾平均含量分别为 159.7, 119.1, 192.3 mg·kg⁻¹,而 pH 值平均仅为 5.0。与余杭区同期农地土壤相比^[11],土壤有机碳、有效磷和速效钾含量分别高了 21.4%, 109.0%和 41.4%,而 pH 值则低了 0.6 个单位。

变异系数的大小可以较好地反映离散程度, 可将土壤肥力的变异程度分为 3 级: 变异系数小于 10% 为弱变异性, 介于 10%~30% 为中等变异性, 大于 30% 为强变异性^[12]。根据这一标准, 5 个肥力指标中, 仅土壤 pH 值为中等变异性, 而其它 4 个指标均表现为强变异性, 说明各雷竹林样地土壤肥力之间的差异较大。

表 2 土壤肥力的半方差模型和参数
Table 2 Semivariance model and its parameters for soil nutrients

肥力指标	理论模型	块金值 (C ₀)	基台值/(C ₀ +C)	块金系数/%	变程/km
pH		0.34	0.68	50.0	29.35
有机碳	指数模型	26.54	51.17	51.8	16.68
碱解氮		2 512.05	3 765.82	66.7	4.72
有效磷		2 748.22	3 778.54	72.7	22.93
速效钾		1 967.70	2 753.97	71.4	5.99

注: C: 空间结构值; C₀: 块金值; 基台值=空间结构值 (C)+块金值 (C₀); 块金系数=块金值/基台值。



A-土壤采样点分布图; B-土壤速效钾分布图; C-土壤有机磷分布图; D-土壤碱解氮分布图; E-土壤 pH 值分布图; F-土壤有机碳分布图。

图 1 土壤采样点及肥力空间分布图

Figure 1 Spatial distribution of sampling points and soil fertility

2.2 土壤肥力空间分布特征

由表 2 表明,浙西北雷竹林地土壤肥力的半方差函数均符合指数模型。一般认为, [块金系数块金值/基台值 = $C_0 / (C_0 + C)$] 表示由随机因素所引起的异质性占总空间异质性的程度^[13]。块金系数的比值为 <25%, 25%~75%, >75% 时, 分别表示变量的空间相关性为较强、中等、较弱。从表 2 可知, 早竹林地土壤肥力的 5 个指标均具有中等的空间自相关性。土壤养分分布是自然因素和人为因素共同作用的结果。自然因素将导致土壤养分变量的空间相关性加强, 而人为因素会使空间相关性减弱, 向着均一化方向发展^[14]。根据块金系数(表 2)可以得出, 土壤 pH、有机碳、碱解氮、有效磷和速效钾的分布受自然因素和人为经营的双重影响。

2.3 土壤肥力的空间分布格局

基于符合正态分布的各土壤养分数据, 运用普通克里格插值方法, 绘制了浙西北雷竹土壤肥力空间分布图, 如图 1-B 至 1-F 所示。

图 1-B 可看出, 土壤速效钾含量的空间分布也表现为北高南低。大部分区域土壤速效钾含量大于 $160.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 高值主要集中于北部, 含量小于 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的极低值分布于板桥乡西部。

图 1-C 显示, 土壤有效磷含量的空间表现为北高南低。区域内大部分林地土壤有效磷含量大于 $80.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 其中大于 $120.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的极高值分布于东北部的径山镇和瓶窑镇, 而小于 $40.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的低值区则分布于板桥乡及太湖源镇北部。

图 1-D 显示, 土壤碱解氮含量的空间分布也表现为西南高、东北低。含量主要集中于 $150.0 \sim 190.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 高值主要分布于太湖源镇和高虹镇中部, 而极低值主要分布于瓶窑镇。

图 1-E 显示, 土壤 pH 值呈北低南高的分布格局。整体 pH 较低, pH 小于 5.0 的面积占 60.5%, 带状分布于临安市太湖源镇至余杭区瓶窑镇, 该区域为早竹的传统产区, 长期集约经营造成林地土壤酸化, pH 值降低, 部分区域 pH 值甚至低于 4.5。板桥镇北部、青山街道土壤 pH 值介于 6.0~6.5, 而板桥乡南部 pH 在 5.5~6.5。

图 1-F 显示, 土壤有机碳含量的空间分布表现为西南高、东北低的趋势。含量主要集中于 $20.0 \sim 22.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 高值主要分布在太湖源镇东部和板桥乡南部, 而低值主要分布余杭区的黄湖镇、瓶窑镇和径山镇。

2.4 土壤肥力空间变异的影响因素及管理对策

土壤肥力受气候、地形、土壤属性以及人为活动等自然条件和人为因素的综合影响。本研究区域的气候条件相似、地形以低丘缓坡为主, 因此在探讨土壤肥力的空间变化时, 主要选取土壤类型和人为经营两个因素进行分析。

2.4.1 土壤类型对土壤肥力空间变化的影响

不同成土因素作用形成不同类型的土壤, 大部分土壤肥力指标的量值与土壤类型有密切的关系^[15]。雷竹原产于浙江低丘缓坡的红壤, 今大量的水稻田改种雷竹林, 形成了不同的土壤类型。由表 3 可知, 土壤类型对土壤 pH 值 ($P=0.000$)、有效磷 ($P=0.049$)、速效钾 ($P=0.047$) 的空间分布有显著影响。

表 3 土壤类型对土壤肥力影响的均值方差分析
Table 3 ANOVA on soil fertility influenced by soil type

肥力指标	平方和	自由度	均方	统计量值 F	F 值的伴随概率 Sig.
pH	81.497	213	3.127	8.259	0.000**
有机碳/($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	98 120.877	213	56.682	2.141	0.296
碱解氮/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	1 435 980.478	213	12 523.326	2.534	0.173*
有效磷/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	106 342.766	213	1 034.429	2.187	0.049*
速效钾/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	1 203 803.523	213	17 861.734	5.214	0.047*

注: *表示在 $P < 0.05$ 水平差异; **表示在 $P < 0.01$ 水平差异。下同。

2.4.2 经营措施对土壤肥力空间变化的影响

施肥及有机物料的投入等经营措施显著影响着土壤肥力的变化^[17]。不同经营措施与林地土壤肥力空间变化的均值方差分析表明(表 4), 施肥、有机物料的投入、竹林管理等经营措施显著影响着土壤 pH 值 ($P=0.000$)、

有机碳 ($P=0.049$)、碱解氮 ($P=0.043$)、有效磷 ($P=0.000$)、速效钾 ($P=0.001$) 的空间变化。

表 4 经营措施对土壤肥力影响的均值方差分析
Table 4 ANOVA on soil fertility influenced by different management

肥力指标	平方和	自由度	均方	统计量值	F 值的伴随概率
pH	89.136	213	2.421	5.139	0.000**
有机碳/(g·kg ⁻¹)	8 172.804	213	148.369	1.596	0.049*
碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	1 342 715.245	213	10 212.246	2.673	0.043*
有效磷/(mg·kg ⁻¹)	814 251.028	213	12 783.158	4.235	0.000**
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	116 184.218	213	1 083.279	3.125	0.001**

2.4.4 雷竹林地土壤管理对策

针对浙西北雷竹林地土壤高含量的氮磷钾及养分不平衡问题, 应大力推广测土配方施肥。根据各雷竹林地的土壤养分现状, 结合林地土壤翻耕, 每年 5 月中、下旬采用撒施方法, 施用配方肥 (N:P₂O₅:K₂O=20:6:14) 750 ~ 1 125 kg·hm⁻² 和商品有机肥或发酵厩肥 3 000 ~ 4 500 kg·hm⁻²[18]。

浙西北雷竹林地长期大量施用化肥, 土壤 pH 平均值仅为 5.0。施用石灰能有效改良酸性土壤, 有效降低土壤酸度, 缓解铝和重金属离子的毒害, 改善土壤结构, 提高竹笋产量和品质。当雷竹林土壤 pH 值介于 4.5~5.5 时, 每年 3 月上、中旬, 将块状生石灰均匀撒施于林地, 施用量为每年 3 000~6 000 kg·hm⁻² [18], 待生石灰块潮解风化后, 自然入土, 达到提高土壤 pH 值的目。

3 结论与讨论

调查显示浙西北雷竹林土壤肥力总体表现为高含量的碳、氮、磷、钾和强酸性, 土壤有机碳平均含量 18.3 g·kg⁻¹, 碱解氮、有效磷、速效钾平均含量分别为 159.7, 119.1, 192.3 mg·kg⁻¹, 而 pH 值平均仅为 5.0, 土壤养分的分布受自然因素和人为经营的双重影响。

土壤肥力的空间分布特征总体表现为: pH 值北低南高, 有效磷和速效钾为北高南低, 而碱解氮、有机碳则呈西南高、东北低的趋势。土壤类型对土壤 pH 值 ($P=0.000$)、有效磷 ($P=0.049$)、速效钾 ($P=0.047$) 的空间分布有显著影响。人为经营措施显著影响着土壤 pH 值 ($P=0.000$)、有机碳 ($P=0.049$)、碱解氮 ($P=0.043$)、有效磷 ($P=0.000$)、速效钾 ($P=0.001$) 的空间变化。

雷竹林测土配方施肥可以有效满足其生长的养分所需, 减少了氮、磷的投入, 有效缓减林地土壤氮磷的累积、减少向水体环境的输出。施用石灰是一种有效改良酸性土壤的方法, 可有效降低土壤酸度, 缓解铝和重金属毒害, 补充钙镁营养, 改善土壤结构, 提高养分循环能力, 提高雷竹笋的产量和品质。建议今后在雷早竹生产中加强测土配方施肥、施用生石灰等林地土壤养分综合管理技术。

参考文献:

- [1] 曹志洪, 周健民. 中国土壤质量[M]. 北京: 科学出版社, 2008. 5-10.
- [2] 陈裴裴, 吴家森, 郑小龙, 等. 不同施肥对雷竹林径流及渗漏养分流失规律的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(3): 39-43
- [3] 吴家森, 许开平, 叶晶, 等. 不同施肥条件下雷竹林水溶性有机碳氮的流失特征[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(1): 128-133.
- [4] 黄芳, 蔡荣荣, 孙达, 等. 集约经营雷竹林土壤氮素状况及氮平衡的估算[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(6): 1 193-1 196
- [5] 季海宝, 孙晓, 桂仁意, 等. 集约经营对雷竹林土壤与植株铝含量的影响[J]. 林业科学, 2014, 50(1): 15-20
- [6] 叶莉莎, 陈双林, 郭子武. 林地覆盖经营对雷竹林土壤氮素形态及硝化-反硝化作用的影响[J]. 林业科学研究, 2015, 28(5): 669-673
- [7] 赵丽丽, 钟哲科, 杨慧敏, 等. 覆盖经营对早竹林土壤酸化过程的影响[J]. 竹子研究汇刊, 2014, 34(8): 19-24
- [8] 徐大兵, 邓建强, 刘冬碧, 等. 整治区植烟土壤养分空间变异及肥力适宜性等级评价[J]. 应用生态学报, 2014, 25(3): 790-796
- [9] 吴家森, 张金池, 黄坚钦, 等. 浙江省临安市山核桃产区林地土壤有机碳分布特征[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2013, 39(4): 413-420

- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社, 2000:12, 108, 150, 181, 194, 199.
- [11] 季淑枫, 章林英, 马伟洪, 等. 杭州市余杭区农地土壤肥力质量调查[J]. 中国园艺文摘, 2015(6): 211-214
- [12] 王政权, 王庆成. 森林土壤物理性质的空间异质性研究[J]. 生态学报, 2000, 20(6): 945-950
- [13] 李志鹏, 赵业婷, 常庆瑞. 渭河平原县域农田土壤速效养分空间特征[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(2): 163-170
- [14] 贾振宇, 张俊华, 丁圣彦, 等. 基于GIS和地统计学的黄泛区土壤磷空间变异—以周口为例[J]. 应用生态学报, 2016, 27(4): 1 211-1 220
- [15] 章明奎, 徐建民. 利用方式和土壤类型对土壤肥力质量指标的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2002, 28(3): 277-282,
- [16] 张璐, 文石林, 蔡泽江, 等. 湘南红壤丘陵区不同植被类型下土壤肥力特征[J]. 生态学报, 2014, 34(14): 3 996-4 005
- [17] 张淑香, 张文菊, 沈仁芳, 等. 我国典型农田长期施肥土壤肥力变化与研究展望[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(6): 1 389-1 393
- [18] 杭州市质量技术监督局. DB 3301/T 1007-2012, 衰退早竹林更新改造技术规程[S]. 北京:中国标准出版社, 2013.