

黄竹侵入对热带林地土壤养分的影响¹⁾

薛敬意 唐建维 沙丽清 孟 盈

(中国科学院西双版纳热带植物园热带雨林生态系统定位研究站, 勐腊, 666303)

黄建国 郭贤明 刀建红 段文贵 段文勇

(西双版纳国家级自然保护区管理局)

摘 要 通过对黄竹林的入侵、定居和扩散 3 个演替阶段土壤养分状况的分析, 探讨了黄竹林的形成和发展对土壤养分的影响。结果表明: 随着黄竹群落演替的进行, 土壤有机质和全氮的质量分数逐渐减小。土壤全氮质量分数分布类似于有机质, 并呈现正相关性($r = 0.8586$, $n_1 = n_2 = 51$); 随着群落演替的进行, 黄竹林地表土层的全磷质量分数和有效性磷的质量分数逐渐增大, 有效性磷素的缺乏是植物生长的限制因子之一; 黄竹林地土壤钾的质量分数和有效性钾的质量分数以侵入期至定居期下降的幅度最大, 此后到扩散期又稍有回升; 土壤有效性钙和镁的质量分数随着演替的进行而增加。

关键词 黄竹林; 土壤养分; 西双版纳

分类号 S714.5

Variation of Soil Nutrient Dynamics under *Dendrocalamus membranaceus* Foest in Xishuangbanna/ Xue Jingyi, Tang Jianwei, Sha Liqing, Meng Ying (Tropical Rainforest Ecosystem Station, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Mengla 666303, P. R. China); Huang Jianguo, Guo Xianming, Dao Jianhong, Duan Wengui, Duan Wenyong (Xishuangbanna Management Bureau of National Nature Reserve) // Journal of Northeast Forestry University. - 2002, 30(5). - 27~ 31

The soil nutrient contents and dynamics in different growth stages (invasion, habitation, spread) of *Dendrocalamus membranaceus* forest in Xishuangbanna were analyzed. The results showed that the content of soil organic matter and total N decreased with the development of *Dendrocalamus membranaceus* communities, and the correlation ($r = 0.8586$, $n_1 = n_2 = 51$) between organic matter and total nitrogen in the soil was positive; the content of total P and available P in topsoil and available Ca, Mg in soil increased with the ages of the *Dendrocalamus membranaceus* communities; the content of total K and available K decreased greatly from invasion stage to habitation stage, then increased in spread stage; the difference of total K content in soil is insignificant in all growth stages of the *Dendrocalamus membranaceus* communities, and there is a lack of available P in soil under bamboo forest.

Key words *Dendrocalamus membranaceus*; Soil nutrient; Xishuangbanna

在西双版纳, 黄竹 (*Dendrocalamus membranaceus*) 主要分布在澜沧江下游两岸的低山丘陵、河谷等人类活动频繁, 森林退化的向阳山坡地带。由于具有入侵和适应能力极强的特点, 通常侵入经刀耕火种后的大小林窗和撂荒地, 并迅速发展形成一个竹木混生的次生植被, 而且具有相当的持久性。在西双版纳热带雨林中, 不论是次生林或原生林, 大约一半以上的林地里有黄竹嵌入形成的大小斑块。每当旱季叶片枯黄凋落时期, 黄竹与混生在林内的常绿树种相映呈明显的斑点状, 更显出热带季雨林的外貌^[1]。在西双版纳热带植被类型与结构的变换期间, 土壤养分的变化更能反映出土壤发育

对植被依赖的敏感性, 特别是低山陡坡偏干性的森林系统中, 土壤的养分变化更加明显。笔者通过对黄竹群落的入侵、定居和扩散 3 个演替阶段土壤养分状况的分析, 研究了黄竹林地主要养分的动态变化趋势。黄竹群落的形成和发展对土壤性质及养分的影响机制是深入探讨热带山地生态系统恢复所涉及的一个关键问题。

1 试验区概况与研究方法

1.1 研究林地自然环境

试验区位于西双版纳勐腊县关累镇芒果树村外 4 km 处的山谷地带, 地理位置为北纬 $21^{\circ}29'$, 东经 $101^{\circ}34'$ 。年平均降雨量 1 500~ 1 600 mm, 主要分布在 5~ 10 月份的雨季 (占 83%), 11~ 4 月份为旱季 (占 17%), 但是旱季期间林地几乎每天都有大雾、重露, 部分弥补了雨量的不足。全年平均相对湿度为 87%, 年平均温度 21.1°C , 最冷月 (1月) 和最

1) 国家科技部 2001 年度基础研究支持项目 (2001CCB00600)、云南省自然科学基金 (98C099M) 和中国科学院重大项目 (KZ951-A1-104) 资助。

第 1 作者简介: 薛敬意, 男, 1948 年 4 月生, 中国科学院西双版纳热带植物园热带雨林生态系统定位研究站, 高级工程师。

收稿日期: 2001 年 6 月 8 日。

责任编辑: 李金荣。

热月(5月)的平均气温分别为 15.7 和 24.6℃。与世界热带雨林分布的主要地区相比,本地区的降雨量偏少,季节变化明显,气候偏干,热量偏低^[2]。

3个不同演替阶段的黄竹群落均由刀耕火种撂荒后黄竹侵入所形成和发展起来。样地位于同一山坡的中部,面积均为 1 000 m² (25 m × 40 m),坡向 SE,坡度 10°~15°,海拔 810 m。侵入阶段的黄竹群落林龄约 8~10 a,定居阶段的黄竹群落林龄约 15~20 a,扩散阶段的黄竹群落林龄约 25~30 a。在侵入和定居阶段的群落中,乔木层是竹、木共生的一个混合层次,黄竹分别占乔木层总株数的 47.5% 和 52.3%;处于扩散阶段的黄竹群落,乔木层主要由黄竹构成该层的主体,株数占该层总株数的 92.6%,而树木仅有散生的几株。竹林下灌木和草本植物很不发达,覆盖度为:扩散期 30% 以上> 入侵期 20%~30% > 定居期 10% 以下。林下地表裸露、干旱(旱季)、板结,土色为浅棕黄,土层深厚,土壤层次不明显,土质较紧实,质地较粘。

1.2 土样的采集

根据不同演替阶段(侵入、定居、扩散)黄竹群落的特点,分别设置 20 m × 25 m 的固定样地,重复 3 次,分别于雾季(11~2月)、干季(2~5月)和雨季(5~10月),即 1998 年 11 月、1999 年 2 月、5 月和 11 月采集土样,在每个样地中选择 5 个固定样点(呈梅花型分布),挖剖面按土壤 0~10、10~25、25~45 cm 的深度分层次取土(以下分别简称上层、中层、下层)。土样按测试项目的要求风干、磨碎、装瓶,供室内测试。

1.3 分析项目与方法

分析项目为土壤有机质、全氮、全磷、全钾和速效氮、磷、钾、钙、镁等。测定方法:有机质为重铬酸钾外热法,氮为开氏法,磷为钼抗比色法,钾、钙、镁为原子吸收分光光度计法等^[3]。

2 试验结果与分析

2.1 林地的有机质质量分数

根据各个季节土壤样品分析结果的年平均值可知(见图 1),黄竹林地土壤有机质质量分数略有波动,表土层(0~10 cm)从入侵期的 4.41% 下降到定居期的 3.96%,扩散期又回升到 4.27%;中层(10~25 cm)和下层土壤(25~45 cm)的有机质质量分数从入侵期的 3.54% 和 2.53% 下降到扩散期的 2.92% 和 1.92%。表明土壤有机质的质量分数

随着黄竹群落的演替而逐渐减小,以入侵期→定居期减小的幅度较大,定居期→扩散期下层土壤的有机质质量分数基本保持稳定。西双版纳的黄竹林,群落结构简单,多年生的地下茎粗短,并且 65% 以上集中分布在 5~25 cm 土壤中,在不大的范围内(超过 1 m)交织成丛,草木稀少,凋落物多密布在竹丛周围,又不易腐烂分解^[1],这是由土壤中植物根及残体含量少所致。

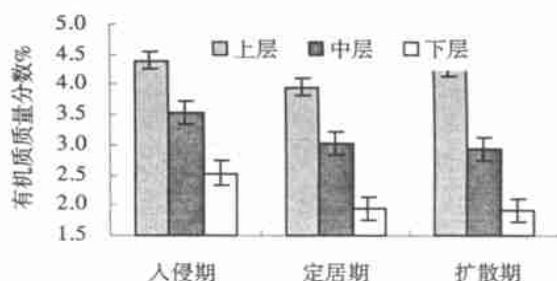


图 1 林地土壤有机质质量分数及分布

2.2 林地土壤的全氮质量分数

土壤全氮的质量分数分布类似于有机质(见图 2),并与有机质呈现正相关性($r = 0.8586$, $n_1 = n_2 = 51$)。从图 2 可见:林地各演替期间土壤的全氮质量分数以入侵期为最高,随着群落演替的进行,从入侵期到定居期,土壤的全氮质量分数减小;而定居期到扩散期,全氮质量分数则变化不大,但随着土壤深度的加深,从表土层到下层,各个阶段的全氮质量分数在显著地减小。而土壤有效氮的质量分数在各阶段差异不大,同样随着土壤深度的加深其质量分数减小。Killham 认为在大多表层土壤当中,95% 以上的 N 是以有机氮存在的^[4],而土壤的供氮能力与有机质质量分数和矿化速率有密切关系^[5]。

2.3 林地土壤的全磷质量分数

黄竹林地土壤的全磷质量分数在各阶段的分布特点为:入侵期和扩散期的土壤(上、中、下层)磷的质量分数相近 0.036 8%~0.033 0% 和 0.053 6%~0.053 0%,定居期土壤磷质量分数具有明显的差距,并随着土壤层次的加深而减小:上层(0.040%)> 下层(0.031%)> 中层(0.022%)。随着演替阶段的进行,竹林地表层土壤的磷质量分数增大,入侵期(0.036%)< 定居期(0.040%)< 扩散期(0.054%)。同样,土壤表层有效磷的质量分数也随着演替的进行而逐渐增加,入侵期(6.6×10^{-6})< 定居期(8.8×10^{-6})< 扩散期(10.6×10^{-6}),中层和下层土壤有效磷的质量分数则有所不同:定居期(3.34×10^{-6} 和 1.44×10^{-6})< 入侵期($4.18 \times$

10^{-6} 和 2.24×10^{-6}) < 扩散期(5.03×10^{-6} 和 5.36×10^{-6})。扩散期的表土层有效性磷的质量分数虽然小,但中、下层质量分数相近。姚贤良认为适当增加土壤的容积质量能增加磷酸盐扩散量,提高磷素的供应能力^[6]。其分布的差异是由多方面的因子造成的,磷素的释放与植物根系的吸收、土壤粘粒、

土壤酸度、土壤水分、离子的代换量及游离态的铁、铝等有关。根据土壤的有效性磷小于 10×10^{-6} 属于中度缺磷,小于 5×10^{-6} 为严重缺磷土壤的标准^[7],本项研究的 3 块群落样地的土壤都属严重缺磷,由此可见,黄竹林地磷素的缺乏是植物生长的限制因子之一。

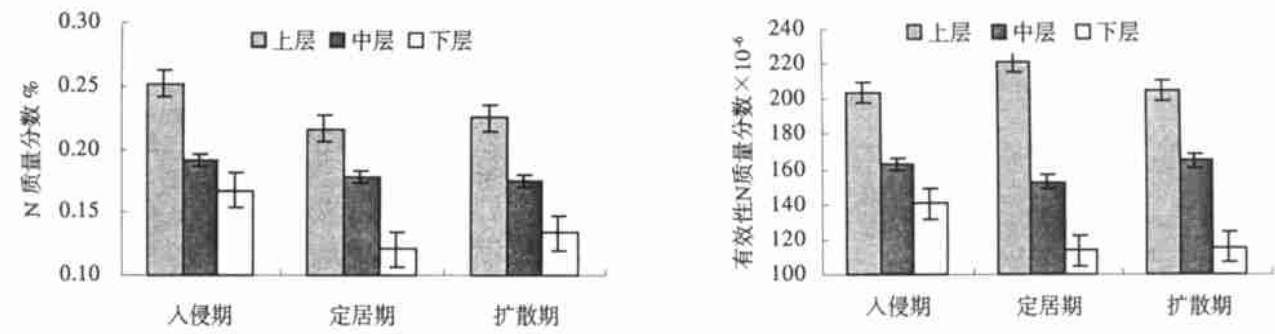


图 2 林地土壤氮质量分数及分布

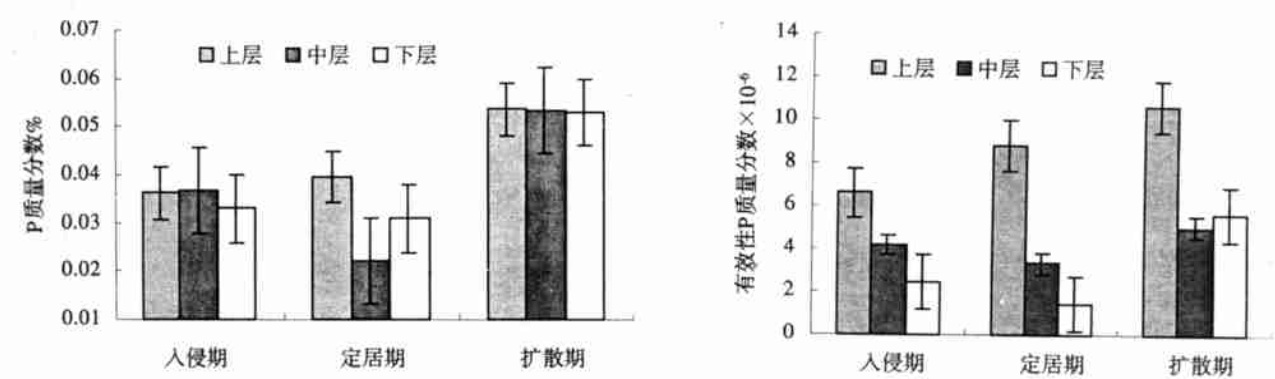


图 3 林地土壤磷质量分数及分布

2.4 林地土壤的钾质量分数

黄竹林各演替阶段的土壤全钾质量分数以入侵期最高 (1.467%), 扩散期次之 (1.431%), 最低为定居期 (1.176%); 从各阶段土壤全钾质量分数来看,相对来说是比较稳定的,符和本地区土壤含钾量的淋溶分布特征;土壤有效性钾的质量分数仍然以定居期为最低 (表层为 70.47×10^{-6}), 其次为入侵

期 (表层为 85.80×10^{-6}), 扩散期为最高 (表层为 92.95×10^{-6}), 与氮素的质量分数分布类似。在热带森林生态系统中,营养元素的自给率是极为重要的,风化母质层以上的土壤钾素平衡值的大小与有效性钾的供给能力,主要依赖凋落物分解的归还以及土壤生物作用的功能强度,因此土壤有机质的质量分数及矿化速率是影响全钾与速效钾的一个重要方面。

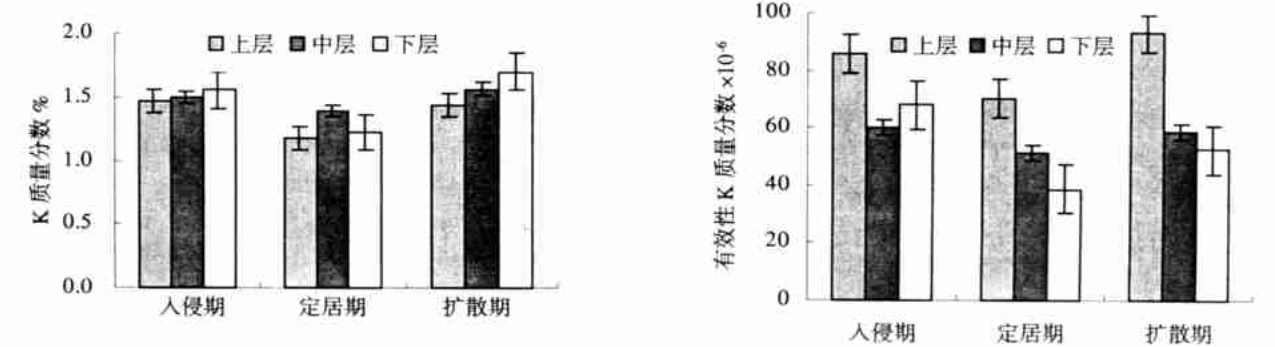


图 4 林地土壤钾质量分数及分布

2.5 黄竹林地土壤有效性钙和镁的质量分数变化

黄竹林地土壤有效性钙和镁的质量分数在定居(193×10⁻⁶和79×10⁻⁶)→扩散(734×10⁻⁶和238×10⁻⁶)期间差异十分明显(表层土壤 *T* 检验的 *T* 值为14.689和7.637, *T*_{0.01}=3.355),说明黄竹林从定居期到扩散期对钙和镁的影响很大。在5种元

素中,N、P、K都具有被再度利用的特性,幼嫩器官缺乏或需要,或老组织脱落时,这些营养元素便能被迅速地调运到新组织中去,而Ca则不具有这种特性^[5,8],因此,年龄较大的竹株内所含的钙往往多于年龄较少的竹株。

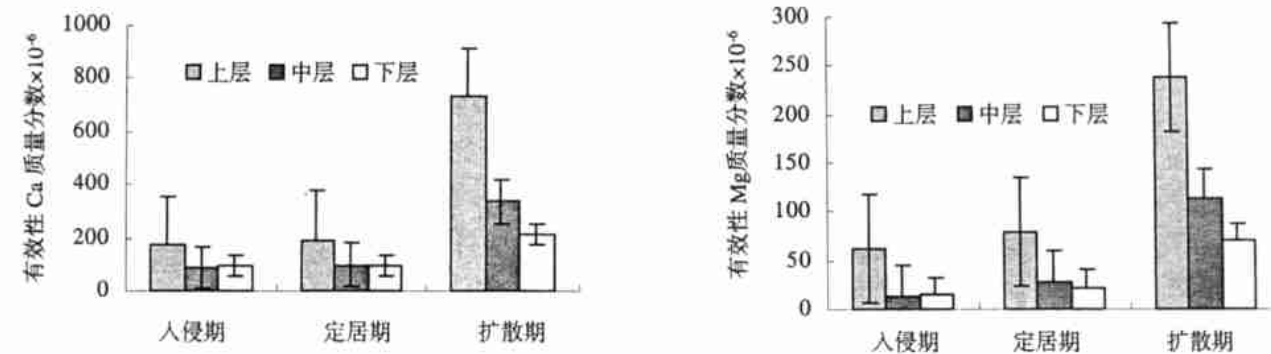


图5 黄竹林地土壤有效性钙和镁的分布

3 讨论

由于黄竹具有较强的克隆生长能力,入侵林地后可以自然发展成林,并能形成相当稳定的单优群落,对土壤的影响力,可通过清除竹林后土壤养分的变化可以证实,如表1所示。黄竹被清除后,当年灌草丛的盖度达到80%以上,土壤(表层)养分质量分数均有不同程度的上升,其变化为:入侵期>定居期>扩散期。通过*T*值检验,有机质和氮素的变化差异显著。也表明灌草丛的土壤自肥力大于黄竹林。

林地土壤养分质量分数和分布上的差别,与植物的生长习性和植物群落结构特点的不同有关^[9]。黄竹入侵撂荒地以后,随着黄竹种群数量的增长,对土壤养分的影响逐步扩大,林下的其它植物逐渐减少;在定居期,是黄竹生长的旺盛期,林下的其它植物最少,竹林对土壤养分的影响最大;在扩散期,老竹比率增大,对土壤养分的需求和影响逐渐减少,林下其它植物对土壤养分的影响扩大。扩散期和入侵期黄竹林地土壤的养分质量分数与分布在有些方面是相近的,如有机质、全氮、有效性氮、全钾和有效性钾等等。

表1 各试验林地保持原状和清除竹林(包括竹根)表层土壤的养分(年平均数)对比及*T*值检验

黄竹不同生长期		有机质		N		P		K	
		质量分数%	差值	质量分数%	差值	质量分数%	差值	质量分数%	差值
入侵期	保持竹林	4.409	1.320	0.251 4	0.040 2	0.036 2	0.011 2	1.466 8	0.096 4
	清除竹林	5.729	(3.345)*	0.291 6	(3.130)*	0.047 4	(2.196)	1.563 2	(0.958)
定居期	保持竹林	3.962	0.908	0.215 8	0.032 2	0.039 6	0.000 2	1.176 2	0.088 8
	清除竹林	4.870	(3.604)**	0.248 0	(4.157)**	0.039 8	(0.030)	1.265 0	(0.494)
扩散期	保持竹林	4.267	0.532	0.225 2	0.020 6	0.053 6	0.003 6	1.431 4	0.058 0
	清除竹林	4.799	(4.932)**	0.245 8	(1.881)	0.057 2	(0.504)	1.489 4	(0.766)

注:括弧中数据为*T*检验值;**差异极显著,*T*_{0.01}=3.355,*差异显著,*T*_{0.05}=2.306(λ=2*n*-2=8)。

自然植被,特别是森林对土壤发育的影响,一方面是在土壤中积累有机物质,特别是其中C和N的积累,为土壤中腐屑生物群落提供能量和物质,使土壤动物和微生物的活动以及由此而引起的养分生物循环成为可能;另一方面是将从较深层次吸收的矿物质营养富集在土壤表层,随着植物的发育和演替,植

物、土壤动物和微生物在与土壤持续发生相互作用达到相对平衡的时候,有机质积累达到相对稳定^[4]。沈善敏指出:不论在森林或在草地植被下,随着土壤中有机质的累积,土壤氮素肥力也逐渐形成,当土壤有机质(同时也是有机氮)的增长速率达到与分解速率相当时,土壤有机质储量便稳定在一个相对恒定的水平上,从这时起土壤的肥力便达到

了顶峰。福斯认为: 同一地的土壤粘粒质量分数和有机质质量分数之间存在着相关性。较多地联合供应水和养分, 有利于在较细质地的土壤中生产和积累更多的有机质。粘粒还吸附具有分解力的酶, 使酶变得不活跃了。吸附于粘粒的有机分子在微生物分解作用中可部分地受到保护^[5]。因此受植被类型的结构和土壤质地粘重程度的影响, 黄竹林地土壤有机质、氮素的质量分数随着黄竹林演替的延续逐渐减小, 入侵期→定居期减小的幅度较大, 定居期→扩散期下层土壤的有机质质量分数基本保持稳定。各阶段钾的质量分数呈现同样的变化趋势。

本研究中黄竹不同的生长期林地剖面土壤磷素的分布存在差异, 即土壤表层的磷质量分数和有效性磷的质量分数随着演替的进行而逐渐增加, 而中层和下层土壤有效性磷的质量分数的变化则有所不同。夏汉平在对3种林地的研究中也发现: 同一元素(K)在不同林地的土壤剖面中分布不同; 并且认为原因有待进一步研究^[10]。

黄竹林地土壤有效性钙和镁的质量分数从侵入期到定居期变化不大, 而从定居期至扩散期其质量分数增加较快, 原因之一可能是: 回归土壤的凋落物所含的钙和镁的数量相对稳定, 土壤有效性钙和镁的数量在土壤环境不变的条件下, 与植物吸收强度密切相关的。一般来说, 钾、钙、镁为活泼的碱金属, 在水热条件良好的情况下, 离子的质量分数较为稳定。在侵入期和定居期, 黄竹林土壤中有效性钙、镁的质量分数变化不大, 扩散期的黄竹林土壤中其质量分数增大, 虽说与老竹的比例增大有关, 同时过高的质量分数也反映出土壤生物活动能力减弱的状况。根据陈家坊的研究表明: 所有这些交换性阳离子的总和, 各占该土壤阳离子交换量的11%~105%。这一百分比与土壤有机质质量分数无相关性, 但与土壤游离氧化铁质量分数的对数值呈极显

著的正相关^[6]。

4 结论

西双版纳热带林地土壤大部分为老成土, 强烈的矿物风化较为彻底, 因此, 在生态系统中营养元素的自给率是极为重要的。黄竹林土壤养分大部分比季雨林丰富, 竹林群落结构简单, 缺乏下层植被的多样化, 虽说土壤养分高于季雨林地, 但是土壤的理化性质及生物活性明显减弱, 综合性肥力退化。黄竹林地土壤的养分质量分数随着竹龄的增长, 有机质和氮减少, 磷和钾增加, 养分的有效性提高, 它们的分布状态, 扩散期与入侵期类似, 有效性钙和镁在扩散期明显增加。

参 考 文 献

- 1 吴征镒, 朱彦丞. 云南植被. 北京: 科学出版社, 1987. 493~ 497
- 2 张克映. 滇南气候的特征及其形成因子的初步分析. 气象学报, 1963, 33(2): 218~ 230
- 3 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978
- 4 汪思龙, 廖利平, 于小军, 等. 杉木林退化土壤生态恢复过程不同阶段N、P养分状况的变化. 应用生态学报, 2000, 11(增刊): 185~ 190
- 5 H. D. 福斯. 土壤科学原理. 唐耀先译. 北京: 农业出版社, 1984. 126, 184, 238~ 253
- 6 李庆逵. 中国红壤. 北京: 科学出版社, 1983. 8, 91, 102~ 118
- 7 孙波, 张桃林, 赵其国. 南方红壤丘陵区土壤养分贫瘠化的综合评价. 土壤, 1995, 27(3): 119~ 128
- 8 钟章成. 常绿阔叶林生态系统研究. 重庆: 西南师范大学出版社, 1992. 268~ 293
- 9 张! 强, 叶万辉, 余清发, 等. 鼎湖山演替系列中代表森林凋落物研究. 生态学报, 2000, 20(6): 938~ 944
- 10 夏汉平. 鼎湖山3种不同林型下的土壤酸度和养分含量差异及季节动态变化特性. 生态学报, 1997, 17(6): 645~ 653