

文章编号:1000-5641(2008)06-0056-07

天童常绿阔叶林次生演替过程中细根的生物量动态

曾凡荣¹, 施家月², 阎恩荣¹, 张仁良³, 王希华¹

(1. 华东师范大学 环境科学系, 上海 200062; 2. 华东勘测设计研究院, 杭州 310014;
3. 宁波市公路管理局, 浙江 宁波 315040)

摘要: 应用土钻法对天童常绿阔叶林次生演替过程中细根的生物量进行了调查, 结果显示: 细根生物量随演替进程变化显著 ($P < 0.05$), 在演替前期的灌丛阶段达最高 ($3.286 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$), 在演替中期马尾松和马尾松 + 木荷群落降低 ($1.066 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $1.531 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$), 到演替后期的木荷群落和栲树群落再次升高 ($2.715 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $3.181 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$). 各演替阶段活细根和死细根生物量的季节变化显著 ($P < 0.01$). 各群落的活细根生物量在7月达最高, 而在11月最低; 死细根生物量, 各群落皆于11月最小, 而在演替早期两群落和马尾松 + 木荷群落4月最大而其它群落7月最大. 各演替阶段细根生物量随着土层深度增加而下降明显, 细根生物量80%左右分布在20 cm以上土层.

关键词: 细根; 生物量; 常绿阔叶林; 次生演替; 天童

中图分类号: S718.54 **文献标识码:** A

Temporal and spatial patterns of fine root mass along a secondary succession of evergreen broad-leaved forest in Tiantong

ZENG Fan-rong¹, SHI Jia-yue², YAN En-rong¹,

ZHANG Ren-liang³, WANG Xi-hua¹

(1. Department of Environment Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China;
2. East China Investigation and Design Institute, Hangzhou 310014, China;
3. Road Controlling Authorities, Ningbo Zhejiang 315040, China)

Abstract: This investigation was carried out in Tiantong, Zhejiang Province of China. The results showed that the level of fine root mass was the highest in the forest of early successional stage (*Lithocarpus glaber* + *Loropetalum chinense* Comm., $3.286 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$), and the lowest in that of middle successional stage ($1.066 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $1.531 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$). In the forest of late successional stage, the level of fine root mass was intermediate ($2.715 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $3.181 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$). The seasonal variation of fine root biomass (FRB) and fine root necromass (FRN) is sig-

收稿日期:2007-12

基金项目:国家自然科学基金(30130060)

第一作者:曾凡荣,男,硕士研究生.

通讯作者:王希华,男,教授. E-mail: xhwang@des.ecnu.edu.cn.

nificant ($P < 0.01$), peaking in July and lowest in November. But in April, FRN of early successional stage forest reaches its maximum. The spatial distribution of FRB and FRN was mainly concentrated on the upper level (about 80% of the total). Fine root distribution in depth was not clearly affected by stand age.

Key words: fine root; mass; evergreen broad-leaved forest; secondary succession; Tian-tong

0 引 言

细根,通常是指直径小于 2 mm 的根系,为根系系统中最活跃和最敏感的部分^[1,2],对生物及非生物环境变化反应灵敏,是植物获取养分和水分的主要器官之一^[3,4],细根具有快速的周转速率^[5-7],是土壤有机碳归还环境的主体(大约为 30%~80%)^[8],在森林生态系统碳和养分循环中发挥着重要作用^[9].

1970 年代以来,细根的研究成为全球变化与生态系统响应研究中最受关注的热点之一^[10],有关林木细根的生物量、周转、空间分布和季节动态等文献显著增多.国外对不同森林的研究表明,细根生物量随演替进程而显著增加^[10-14],国内的研究也表明这一趋势^[10,15].而 Yin 等^[16]认为在森林皆伐后细根生物量短时间内相当低,但增长迅速直至最大,在群落发育过程中相对缓慢下降,至成熟林趋于稳定. Claus 和 George^[17]结合其研究,将细根生物量随时间变化模式修正为随群落成熟度的变化模式.李凌浩等^[18]和温达志等^[19]的研究验证了该结论,同时,这也得到了国外许多有关演替系列中细根生物量研究的支持,如在花旗松(Douglas fir)、加拿大针阔混交泰加林、高原落叶林、云杉林及苏格兰松等研究中^[20-24].

从以上研究来看,对于演替过程中细根生物量时空分布动态特征已有相当认识,但仍然缺乏有关常绿阔叶林演替系列细根特征的变化研究.在浙江宁波地区,发育着比较完整的常绿阔叶林演替系列,是开展常绿阔叶林次生演替过程细根动态特征研究的良好素材.本研究的主要目的是,测定天童常绿阔叶林次生演替各阶段的细根生物量,以检验其生物量的动态变化是否符合 Claus 和 George 模型的变化趋势,并分析其影响因子.其次,调查研究细根生物量垂直分布和季节动态在次生演替过程的变化特征,为揭示常绿阔叶林演替机制及为该地区的植被恢复和森林管理提供理论依据.

1 研究方法

1.1 样地概况

研究区域位于浙江宁波天童国家森林公园(29°48' N, 121°47' E).森林公园范围内常绿阔叶林由于天童寺的存在而受到保护,生长良好,公园外围由于人类活动干扰后废弃的时间不同,发育着处于不同演替阶段的常绿阔叶林.演替系列包含:(1)灌草丛:五节芒+铁芒萁群落(*Miscanthus floridulus* + *Dicranopteris pedata* Comm., MDC);(2)常绿灌丛:石栎+欆木群落(*Lithocarpus glaber* + *Loropetalum chinense* Comm., LLC);(3)次生针叶林:马尾松群落(*Pinus massoniana* Comm., PC);(4)次生针阔混交林:马尾松+木荷群落(*Pinus massoniana* + *Schima superba* Comm., PSC);(5)次生常绿阔叶林:木荷群落(*Schima superba* Comm., SC);(6)成熟林:栲树群落(*Castanopsis fargesii* Comm., CC).样地

情况详见文献[25].

1.2 取样方法

在不同演替阶段的固定样地周围随机选取一块面积 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ 的研究样地, 2004 年 4 月、7 月、11 月和 2005 年 2 月, 用内径 7.6 cm 土钻在样地上坡、中坡和下坡, 分三个坡位钻取土芯, 每个坡位上选取 5 个点, 将获取的土芯按取样器的刻度分三层 (10 cm , $10\sim 20\text{ cm}$ 和 $20\sim 45\text{ cm}$), 马尾松群落和马尾松 + 木荷群落土壤较浅, 取样深度分别降低为 30 cm 和 35 cm), 用塑料袋将每层土样封装、贴上标签带回实验室处理: 用自来水浸泡、冲洗、过筛, 检出根系并分成 2 个径级 ($\leq 2\text{ mm}$, $> 2\text{ mm}$), 根据根系外形、颜色和弹性来区分活根和死根^[26], 将区分好的各样品置于 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱烘干至恒重后称重, 根据以下公式对细根生物量进行统计, 细根现存量 ($t \cdot \text{hm}^{-2}$) = 平均每根土芯细根干重 (g) $\times (t/10^6) / [(7.6/2)^2 \times (\text{hm}^2/10^8)]$

1.3 数据处理

应用单因素方差分析检验常绿阔叶林次生演替对不同月份及不同土层细根生物量的影响. 方差分析前, 首先需要判断各组数值是否满足正态分布, 其方差是否具有齐性, 如果不满足, 则对相应数据进行对数转换以满足单因素方差分析的假设条件. 其次进行方差分析, 最后用 Tukey 检验两两比较不同演替阶段的细根生物量.

2 结果与分析

2.1 常绿阔叶林次生演替各阶段细根现存量

随着演替进行, 细根生物量变化显著 (见表 1), 在演替前期的灌丛阶段已达最高, 在演替中期马尾松和马尾松 + 木荷群落降低, 到演替后期的木荷群落和栲树群落再次升高. 天童常绿阔叶林次生演替过程中, 从次生针叶林、次生针阔混交林至顶级群落常绿阔叶林活细根生物量增加, 但在演替早期 (灌草丛和常绿灌丛) 细根生物量要高于演替中期而低于演替后期; 而死细根生物量从演替早期、后期到中期逐渐降低.

各演替阶段活细根生物量占总细根生物量的比例分别为 42.3% , 59.8% , 67.0% , 85.2% , 75.5% 和 79.0% , 仅有五节芒 + 铁芒萁群落活细根生物量低于死细根生物量, 其余五个群落活细根生物量均高于死细根生物量.

表 1 常绿阔叶林不同演替阶段的细根生物量

Tab. 1 Variations of fine root biomass, necromass and mass in different succession stages of evergreen broad-leaved forest in Tiantong

	MDC	LLC	PC	PSC	SC	CC
活细根生物量 (FRB)	1.013 ± 0.755^{bc}	1.966 ± 1.106^{ab}	0.714 ± 0.374^b	1.305 ± 0.500^{ab}	2.049 ± 0.721^{ac}	2.513 ± 0.955^a
死细根生物量 (FRN)	1.380 ± 0.730^a	1.320 ± 0.852^a	0.352 ± 0.207^b	0.226 ± 0.237^b	0.666 ± 0.353^{ab}	0.668 ± 0.440^{ab}
细根总生物量 (FRM)	2.393 ± 1.004^{ab}	3.286 ± 1.581^a	1.066 ± 0.416^b	1.531 ± 0.597^{ab}	2.715 ± 0.885^{ab}	3.181 ± 1.082^a

注: MDC 为五节芒 + 铁芒萁群落, LLC 为石栎 + 榿木群落, PC 为马尾松群落, PSC 为马尾松 + 木荷群落, SC 为木荷群落, CC 为栲树群落. 活细根生物量、死细根生物量及细根总生物量分别以 FRB, FRN 和 FRM 表示. 数值以平均值 \pm 标准差表示. 各演替阶段活细根生物量、死细根生物量及细根总生物量方差分析存在显著差异, 并进行 Tukey 检验两两比较, 相同字母代表无差异, 不同字母代表有差异

2.2 常绿阔叶林各演替阶段细根生物量的垂直分布

从图 1 可见, 各演替阶段细根生物量垂直分布特征明显, 活细根、死细根生物量和细根

总生物量随着土层深度增加而明显下降,活细根生物量在中上层分布的比例为 76%~83%,死细根生物量在中上层分布的比例为 74%~82%;方差分析显示,各演替阶段土壤上层与下层细根生物量具有显著差异($P < 0.05$),细根生物量主要集中在土壤中上层(0~20 cm),这两层细根生物量占总生物量的 80%左右,其中上层细根生物量占总生物量的 50%左右,但各演替阶段上中下三层活细根、死细根生物量和细根总生物量百分比无显著差异。

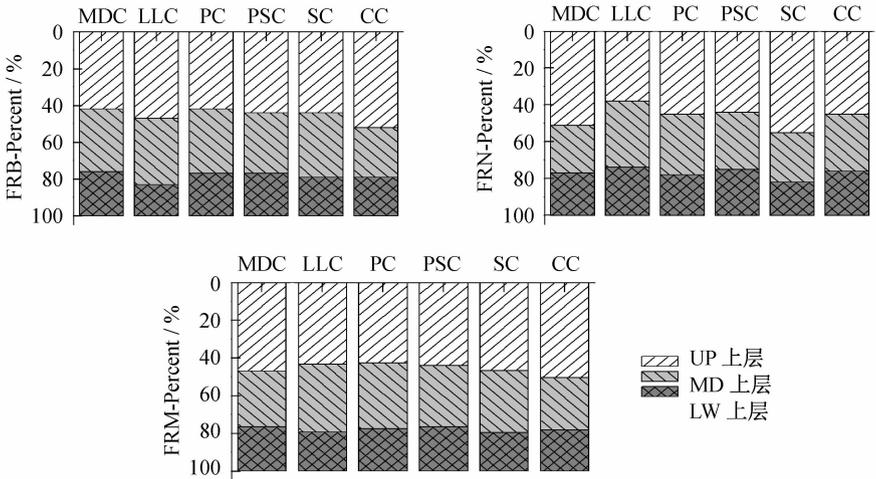


图 1 常绿阔叶林各演替阶段细根生物量的垂直分布

Fig. 1 Vertical distribution of fine root biomass, necromass and mass in different succession stages of evergreen-broad leaved forest in Tiantong

注:UP 为土壤上层 0~10 cm;MD 为土壤中层 10~20 cm;LW 为土壤下层 20~45 cm

2.3 常绿阔叶林各演替阶段细根生物量的季节动态

各演替阶段细根生物量季节变化显著($P < 0.01$)。活细根生物量各演替阶段皆于 7 月达最大值,在 11 月其值最小,死细根生物量,几乎都在 11 月为最低,演替前期两群落及马尾松+木荷群落 4 月最大另三群落 7 月最大,尤以演替前期两群落改变显著,且始终高于演替中后期。细根总生物量季节动态变化与活细根生物量季节变化相近,但演替前期两群落细根总生物量在 4 月为最高。活细根生物量、死细根生物量及细根总生物量从 4 月至 11 月变化剧烈,而从 11 月至 2 月其变化相对平缓,死细根生物量变化尤为突出(见图 2)。

3 讨 论

3.1 常绿阔叶林次生演替过程中细根生物量变化特征

Arunachalam 等^[27]认为细根生物量在森林砍伐后至少需要 20 年才能恢复到原先水平,但 Raich 等^[28]和 Yin 等^[16]研究认为森林恢复后 5~6 年群落细根水平已接近成熟群落, Claus 和 George^[17]的研究也证明了这一点,并认为立地条件好恢复群落能在更短的时间达到或超过成熟群落的生物量。廖利平等^[29]、温达志等^[19]以及杨玉盛等^[30]的研究证实,在亚热带阔叶林演替后期细根生物量高于演替中期针叶林和针阔混交林。本文研究的五节芒+铁芒萁群落在皆伐后两年其细根生物量已达 $2.393 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,远高于演替中期的马尾松群落及马尾松+木荷群落,这与 Claus 和 George^[17]及 Yin 等^[16]的研究模型相似,即:细根生物量在恢复

过程中早期快速增长并至最大(如在林冠初郁闭时),而后随演替下降至成熟林趋于稳定.但有所不同,常绿阔叶林细根生物量从演替中期至演替后期显著增加,而不是趋于稳定.

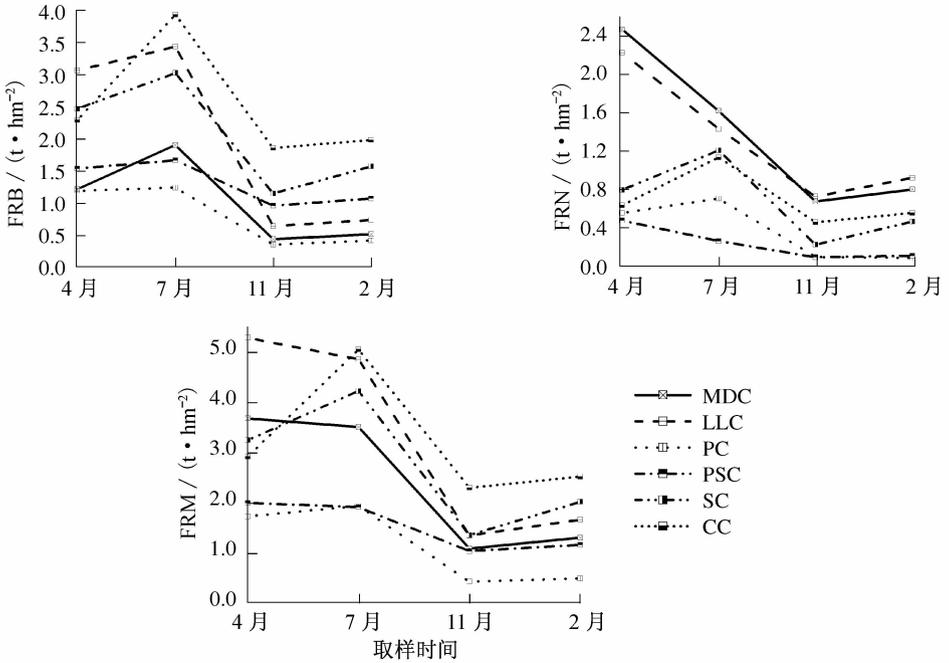


图 2 常绿阔叶林各演替阶段细根生物量的季节动态

Fig. 2 Seasonal patterns of fine root biomass, necromass and mass in different succession stages of evergreen broad-leaved forest in Tiantong

注:取样时间为 2004 年 4 月至 2005 年 2 月.

3.2 影响各演替阶段细根生物量的主要因子

植物为维持其正常的生命活动和生长的需要,细根必须维持一定的生物量^[32].各演替阶段细根生物量的高低,表现在各演替阶段地上部分生物量和生产力不同对营养需求的不同^[13,14,17,20].天童常绿阔叶林从演替早期灌草丛至栲树群落,虽然普遍认为生物量随演替而增加,但有关演替各阶段群落生物量和生产力的定量化研究还未见报到.而从已有的研究来看,王希华等^[33]通过叶水平上的养分利用效率研究人为针叶林的生产力最低,落叶林其次而常绿林最高,这也间接说明了细根生物量在演替后期群落要高于演替中期群落.

而马尾松群落极低的细根生物量,可能是受其优势种马尾松的生物学特性影响,野外调查中发现其细根较少,而马尾松针叶比其他常绿种高的 N 营养转移率^[34]也从另一方面说明了其低细根生物量的原因.同时,在调查中也发现木荷、栲树和苦槠等常绿树种含大量的细根.而本研究中的常绿灌丛,包含大量的如木荷、石栎、苦槠及山矾等常绿树种,这也有可能是该群落高生物量的一个重要原因.

各演替阶段 80%左右的细根生物量集中于土壤表层,以吸收维持其营养需要的养分和水分,不仅在于该层所具有的养分、水分优势,更重要的在于其对细根生长的限制作用.从作为土壤养分和有机质重要来源的凋落物来看,从栲树到灌丛凋落物养分归还量显著下降^[31].而死细根作为土壤养分的另一重要来源,细根衰老死亡分解对该层有机质等养分起

到积极的反馈作用,对促进灌丛快速的生长且对维持成熟群落的稳定,都具有重要意义.演替前期两群落高达 $1.38 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $1.32 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的死细根生物量,且在一年的研究期内都远远高于其他四个群落,是演替早期群落高细根生物量的最重要原因.

从研究结果来看,不同季度生物量差异较大,如要更精确描述细根生物量的季节变化特征,应缩短细根取样时间间隔,如每月或每周取样,这样会比较准确估算地下细根特征的变化.可见,采取更科学合理的研究方法,建立演替各阶段多样地长期监测研究以及具体树种细根生物量变化特征的研究,尤显必要.

[参 考 文 献]

- [1] HENDRICK R L, PRETITZER K S. The dynamics of fine root, length, biomass, and nitrogen content in two northern hardwood forests[J]. *Ecoscience*, 1993, 4(1): 99-105.
- [2] NADELOFFER K J. The potential effects of nitrogen deposition on fine-root production in forest ecosystems[J]. *New Phytologist*, 2000, 147: 131-139.
- [3] JACKSON R B, MOONEY H A, SCHULZE E D. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents[J]. *Proceedings of the National Academic Science Ecology*, 1997, 94: 7362-7366.
- [4] JOBBAGY E G, JACKSON R B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation[J]. *Ecological Applications*, 2000, 147:3-12.
- [5] STEELE S J, GOWER S T, VOGEL J G, et al. Root mass, net primary production and turnover in aspen, jack pine and black spruce forests in Saskatchewan and Manitoba, Canada[J]. *Tree Physiology*, 1997, 17: 577-587.
- [6] BROWN S. Measuring carbon in forests: current status and future challenges[J]. *Environmental Pollution*, 2002, 116(3):363-372.
- [7] RUESS R W, HENDRICK R L, BURTON A J, et al. Coupling fine root dynamics with ecosystem carbon cycling in black spruce forests of interior Alaska[J]. *Ecological Monographs*, 2003, 73(4): 643-662.
- [8] PERSSON H. The distribution and productivity of fine roots in boreal forests[J]. *Plant and Soil*, 1983, 71: 87-101.
- [9] KALYN A L, VAN REES K C J. Contribution of fine roots to ecosystem biomass and net primary production in black spruce, aspen, and jack pine forests in Saskatchewan[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2006, 140: 236-243.
- [10] 贺金生, 王政权, 方精云. 全球变化下的地下生态学: 问题与展望[J]. *科学通报*, 2004, 49(13): 1226-1233.
- HE J S, WANG Z Q, FANG J Y. Issues and prospects of belowground ecology with special reference to global climate change[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49(13): 1226-1233.
- [11] BERISH C W, EWEL J J. Root development in simple and complex tropical successional ecosystems[J]. *Plant and Soil*, 1988, 106: 73-84.
- [12] MOUTINHO P, NEPSTAD D C, DAVIDSON E A. Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia[J]. *Ecology*, 2003, 84: 1265-1276.
- [13] HERTEL D, HOLSCHER D, LEUSCHNER C. Size and structure of fine root systems in old-growth and secondary tropical montane forests (Costa Rica)[J]. *Biotropica*, 2003, 35(2): 143-153.
- [14] HERTEL D, HOLSCHER D, KOHLER L, et al. Changes in fine root system size and structure during secondary succession in a Costa Rican montane Oak forest[J]. *Ecological Studies*, 2006, 185: 283-297.
- [15] 杨丽韞, 罗天祥, 吴松涛. 长白山原始阔叶红松林(*Pinus koraiensis*)及其次生林细根生物量与垂直分布特征[J]. *生态学报*, 2007, 27(9): 3609-3617.
- YAN L Y, LUO T X, WU S T. Fine root biomass and its depth distribution across the primitive Korean pine and broad-leaved forest and its secondary forests in Changbai Mountain, northeast China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(9): 3609-3617.
- [16] YIN X, PERRY J A, DIXON R K. Fine-root dynamics and biomass distribution in a *Quercus* ecosystem following harvesting[J]. *Forest Ecology and Management*, 1989, 27: 159-177.
- [17] CLAUS A, GEORGE E. Effect of stand age on fine-root biomass and biomass distribution in three European forest

- chronosequences[J]. Canadian Journal of Forestry Research, 2005, 35: 1617-1625.
- [18] 李凌浩, 林鹏, 刑雪荣. 武夷山甜槠林细根生物量及生长量研究[J]. 应用生态学报, 1998, 9(4): 337-340.
LI L H, LIN P, XING X R. Fine root biomass and production of *Castanopsis eyrei* forests in Wuyi Mountains[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1998, 9(4): 337-340.
- [19] 温达志, 魏平, 孔国辉, 等. 鼎湖山南亚热带森林细根生产力与周转[J]. 植物生态学报, 1999, 23(4): 361-369.
WEN Z D, WEI P, KONG G H, et al. Production and turnover rate of fine roots in two lower subtropical forest sites at Dinghushan[J]. Acta Phytoecologica Sinica, 1999, 23(4): 361-369.
- [20] VOGT K A, VOGT D J, MOORE E E, et al. Conifer and angiosperm fine-root biomass in relation to stand age and site productivity in douglas-fir forests[J]. The Journal of Ecology, 1987, 75(3): 857-870.
- [21] FINER L, MESSIER C, DE GRANDPRE L. Fine-root dynamics in mixed boreal conifer - broad-leaved forest stands at different successional stages after fire[J]. Canadian Journal of Forestry Research, 1997, 27(3): 304-314.
- [22] IDOL T W, POPE P E, PONDER F. Fine root dynamics across a chronosequence of upland temperate deciduous forest[J]. Forest Ecology and Management, 2000, 127: 153-176.
- [23] HELMISAARI H S, MAKKONEN K, KELLOMAKI S, et al. Below-and above-ground biomass, production and nitrogen use in Scots pine stands in Eastern Finland[J]. Forest Ecology and Management, 2002, 165: 317-326.
- [24] MUND M, KUMMETZ E, HEIN M, et al. Growth and carbon stocks of a spruce forest chronosequence in central Europe[J]. Forest Ecology and Management, 2002, 171: 275-296.
- [25] 宋永昌, 陈小勇. 中国东部常绿阔叶林生态系统退化机制与生态恢复[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
SONG Y C, CHEN X Y. Degradation Mechanism and Ecological Restoration of Evergreen Broad-leaved Forest Ecosystem in East China[M]. Beijing: Science Press, 2007.
- [26] MCCLAUGHERTY C A, ABER J D, MELILLO J M. The role of fine roots in the organic matter and nitrogen budgets of two forested ecosystems[J]. Ecology, 1982, 63(5): 1481-1490.
- [27] ARUNACHALAM A, MAITHANI K, PANDY H N, et al. The impact of disturbance on detrital dynamics and soil microbial biomass of a *Pinus kesiyya* forest in north-east India[J]. Forest Ecology and Management, 1996, 88: 273-282.
- [28] RAICH J W. Fine roots regrow rapidly after forest felling[J]. Biotropica, 1980, 12(3): 231-232.
- [29] 廖利平, 陈楚莹, 张家武, 等. 杉木、火力楠纯林及混交林细根周转的研究[J]. 应用生态学报, 1995, 6(1): 7-10.
LIAO L P, CHEN C Y, ZHANG J W, et al. Turnover of fine roots in pure and mixed *Cunninghamia lanceolata* and *Michelia macclurei* forests[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1995, 6(1): 7-10.
- [30] 杨玉盛, 陈光水, 林鹏, 等. 格式栲天然林与人工林细根生物量、季节动态及净生产力[J]. 生态学报, 2003, 29(3): 229-232.
YANG Y S, CHEN G S, LIN P, et al. Fine root distribution, seasonal pattern and production in a native forest and monoculture plantations in subtropical China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 29(3): 229-232.
- [31] 阎恩荣, 王希华, 周武. 天童常绿阔叶林不同退化群落的凋落物特征及与土壤养分动态的关系[J]. 植物生态学报, 2008, 32(1): 1-12.
YAN E R, WANG X H, ZHOU W. Characteristics of litterfall in relation to soil nutrients in mature and degraded evergreen broad-leaved forests of Tiantong, East China[J]. Acta phytoecologica Sinica, 2008, 32(1): 1094-1104.
- [32] HENDRICK R L, PRETITZER K S. The demography of fine root in a northern hardwood forest[J]. Ecology, 1992, 73: 1094-1104.
- [33] 王希华, 黄建军, 阎恩荣. 天童国家森林公园若干树种的养分利用效率研究[J]. 生态学杂志, 2004, 23: 13-16.
WANG X H, HUANG J J, YAN E R. Leaf nutrient use efficiency of some trees in Tiantong National Forest Park[J]. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23: 13-16.
- [34] 王希华, 黄建军, 阎恩荣. 天童国家森林公园若干树种的营养转移研究[J]. 广西植物, 2004, 24: 81-85.
WANG X H, HUANG J J, YAN E R. A study on leaf nutrient resorption of some trees in Tiantong National Forest Park[J]. Guihaia, 2004, 24: 81-85.