

# 武夷山甜槠林细根生物量和生长量研究<sup>\*</sup>

李凌浩<sup>\*\*</sup> 林 鹏 (厦门大学生物学系, 厦门 361005)

邢雪荣 (中国科学院植物研究所, 北京 100093)

**【摘要】** 对武夷山甜槠林细根生物量和生长量的季节动态及其在不同群落发育阶段下的变化进行了初步研究, 并对细根在养分归还中的作用进行了分析. 结果表明, 甜槠成熟林细根生物量为  $10.645\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 生长量为  $7.3715\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ , 分解量为  $4.6775\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ , 年周转率 0.69 次; 细根生物量和生长量随林龄增长的变化模式为单峰型曲线, 生物量至 34 龄时达到最大值, 生长量至群落郁闭阶段(58 龄)达到最大值; 甜槠成熟林中, 通过细根死亡的 N 素归还量占群落年归还总量的 49.5%, 多于凋落物途径, P、Mg 归还量所占比例为 42.3% 和 28.9%, 略低于凋落物途径; K、Ca 归还以降水淋溶为主, 其次是凋落物途径, 而细根途径仅占总归还量的 19.3% 和 9.2%.

**关键词** 细根 生长量 周转率 林龄 甜槠林 武夷山

**Fine root biomass and production of *Castanopsis eyrei* forests in Wuyi Mountains.** Li Linghao and Lin Peng (Xiamen University, Xiamen 361005), Xing Xuerong (Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing 100093). -Chin. J. Appl. Ecol., 1998, 9(4): 337 ~ 340.

Measurements for *C. eyrei* forests with different stand ages in Wuyi Mountains show that in mature stand forest, the biomass, production and decomposition of fine roots were  $10.645\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,  $7.3715\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$  and  $4.6775\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$  respectively, with a yearly turnover rate of 0.69 time. The biomass and production of fine roots varied with stand age, reaching their peaks at 34 and 58 years respectively. In the mature stand forest, the N return by fine root decomposition contributed 49.5% of the yearly total N return, more than that by litterfall; P and Mg returns derived from dead fine root were 42.3% and 28.9% respectively, less than those from litterfall; and K and Ca returns were mainly came from canopy, secondly from litterfall, and only 19.3% and 9.2%, respectively from fine roots.

**Key words** Fine root, Biomass, Turnover rate, Stand age, *Castanopsis eyrei* forest, Wuyi Mountains.

## 1 引 言

细根在森林生态系统初级生产力分配中占有较大比例, 并在养分循环中起着重要作用. 许多研究表明, 虽然细根仅占森林总生物量的 5% 左右<sup>[2]</sup>, 但由于周转迅速, 其生长量可占森林初级生产力的 50 ~ 75%<sup>[2, 9, 11]</sup>. 细根死亡是有机质和养分元素向森林土壤归还的重要途径<sup>[10]</sup>, 通过根系死亡归还到土壤中的氮量比通过地上部凋落物多 18 ~ 58%<sup>[16]</sup>. 近 20 年来, 对细根的研究已成为森林生态学研究的热

点<sup>[5 ~ 8, 12 ~ 15, 17]</sup>. 本文对武夷山一类常绿阔叶林——甜槠林细根生物量和生长量的季节动态及其在不同发育阶段下的变化进行了初步研究, 并对细根在养分归还中的作用与其它途径进行了比较, 现将研究结果报道如下.

## 2 研究地自然概况与研究方法

### 2.1 自然概况

\* 福建武夷山国家级自然保护区管理局资助项目.

\*\* 现工作单位: 中国科学院植物研究所, 北京 100093.

1998-01-05 收稿, 1998-03-10 接受.

研究地点位于福建武夷山自然保护区境内,  $117^{\circ}27' \sim 117^{\circ}51'E$ ,  $27^{\circ}33' \sim 27^{\circ}54'N$ . 亚热带季风气候, 年均温  $8.5 \sim 18^{\circ}C$ , 降水量 2096.6mm, 大气相对湿度  $78 \sim 84\%$ , 年蒸发量约 1000mm, 日照时数 1400h. 样地海拔 1270m, 坡向  $N20^{\circ}W$ , 坡度  $16 \sim 24^{\circ}$ . 山地黄壤, 土层厚  $50 \sim 110cm$ . 植被为典型中亚热带常绿阔叶林, 以甜槠 (*Castanopsis eyrei*) 为建群种, 优势种类包括木荷 (*Schima superba*)、细齿柃 (*Eurya loquaiana*) 和鹿角杜鹃 (*Rhododendron latoucheae*) 等. 群落外貌整齐, 结构分化明显, 覆盖度  $90\%$  以上.

主样地设置在甜槠群落的典型地段, 树龄 76a 左右. 在同一生境内另选 3 个不同林龄的甜槠林分, 以比较不同发育阶段细根生物量和生产力的变化(表 1).

表 1 不同林龄甜槠群落的基本特征\*

Table 1 Community characteristics of *C. eyrei* stands in Wuyi Mountains

样地 Plot	林龄 Stand age (yr.)	植物种数 Species compo- sition	密度 Density (No. trees)	高度 Height (m)	基盖度 Basal coverage ( $m^2$ )	叶面积 指数 LAI
P <sub>1</sub>	17	18	46	6.7	0.4	3.90
P <sub>2</sub>	34	8	26	11.0	0.6	5.47
P <sub>3</sub>	58	10	13	14.6	1.0	8.89
P <sub>4</sub>	76	5	8	11.3	2.0	8.95

\* 样方面积 Area;  $10m \times 10m$ .

## 2.2 研究方法

**2.2.1 生物量的测定** 粗根生物量采用挖掘法结合水洗筛选法测定. 在每一样地的标准部位划出  $1m \times 1m$  的采样点, 深度为  $0.5 \sim 1.0m$ . 细根 ( $\phi < 2mm$ ) 生物量采用土钻法取样, 土钻直径 5cm. 在每个样地内随机分层钻取 30 个土芯, 深度一般为  $40 \sim 70cm$ . 带回室内手选出  $\phi < 2mm$  的细根, 求出各层次土壤中细根生物量的湿重和干重 ( $105^{\circ}C$  烘干至恒重). 把各层次中的细根干重相加, 除以取样面积即得出单位面积树木细根的总生物量.

**2.2.2 生长量的测定** 细根生长量的测定采用长入根量法<sup>[13]</sup>. 用内径 5.0cm 的土钻在多样地内随机钻取出 30 ~ 50 个土芯, 深度  $30 \sim 50cm$ . 其空洞用该林地的土壤(除去所有根系和杂物)混入少量细沙填充. 一年之后的同一日期, 把填入的土样用土钻重新取出, 分离出长入其中的细根(活根和死根均包括)即为该年度的细根生长量

的最小估计. 粗根生长量的直接测定比较困难, 仅用其生物量的年平均累积量代替, 植物材料中养分元素测定方法见文献[1].

## 3 结果与讨论

### 3.1 甜槠林细根生物量

测定结果表明, 武夷山甜槠成熟林(76 龄)根系总生物量(粗根+细根)为  $36.323t \cdot hm^{-2}$ . 其中, 粗根 ( $\phi > 2mm$ ) 生物量为  $25.678t \cdot hm^{-2}$ , 占根系总生物量的  $70.69\%$ ; 粗根中的大根 ( $> 3cm$ ) 生物量为  $15.336t \cdot hm^{-2}$ , 中根 ( $1 \sim 3cm$ )  $3.575t \cdot hm^{-2}$ , 小根 ( $0.2 \sim 1cm$ )  $6.767t \cdot hm^{-2}$ , 分别占粗根总量的  $59.72\%$ 、 $13.92\%$  和  $26.36\%$ .

4 次调查的甜槠林细根生物量平均值为  $10.645t \cdot hm^{-2}$ , 占根系总生物量的  $29.31\%$ , 与同处中亚热带的鼎湖山常绿阔叶林相近 ( $12.02t \cdot hm^{-2}$ )<sup>[4]</sup>, 而显著高于长白山阔叶红松林 ( $5.049t \cdot hm^{-2}$ )<sup>[3]</sup>. 甜槠林细根生物量的季节变化不甚明显, 其最大值出现在春末夏初, 此后逐渐下降, 秋季降至最低水平(表 2). 这可能与春季细根生长和随后大量死亡和分解有关.

表 2 甜槠成熟林细根生物量的垂直分布与季节动态  
Table 2 Vertical distribution and seasonal changes of fine root biomass in *C. eyrei* forest ( $t \cdot hm^{-2}$ )

土层深度 Soil depth (cm)	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter	平均 Average
0~20	7.346	6.643	5.671	8.236	6.974
20~40	3.461	2.416	2.662	2.133	2.668
40cm 以下	1.261	0.964	1.041	0.746	1.003
合计 Total	12.068	10.023	9.374	11.115	10.645

甜槠林细根主要集中在表层土壤, 在  $0 \sim 20cm$  土层中的细根生物量占细根总量的  $65.51\%$ ;  $20 \sim 40cm$  土层中细根所占的比例为  $25.06\%$ , 而  $40cm$  以下土层中的细根生物量仅占细根总量的  $9.43\%$ .

### 3.2 甜槠林细根生长量与死亡分解量

采用长入根量法的调查结果表明, 甜

槠成熟林根系生长量为  $7.7094t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ , 其中细根生长量  $7.3715t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ , 占根系年生长总量的 95.6%, 粗根生长量  $0.3379t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ , 仅占根系生长总量的 4.4%。

细根死亡分解量通常难以实测, 主要采用 McLaugherty 提出的极差模型公式加以推算<sup>[10]</sup>。该模型公式为:

$$M = X_{max} - X_{min} + D \quad (1)$$

$$P = Y_{max} - Y_{min} + M \quad (2)$$

$$T = P / Y \quad (3)$$

式中,  $M$  为细根年死亡量,  $P$  为细根年生长量,  $D$  为细根年分解量,  $T$  为细根年周转率,  $X_{max}$  和  $X_{min}$  为死细根生物量的最大和最小值,  $Y_{max}$  和  $Y_{min}$  分别为活细根生物量的最大和最小值,  $Y$  为活细根生物量的平均值。

将公式(1)和(2)合并得到:

$$P = [Y_{max} + X_{max}] - [Y_{min} + X_{min}] + D \quad (4)$$

由于活细根和死细根的区别比较困难, 而该公式仅通过细根总生物量的极差即可推算出细根分解量。本研究中, 已知甜槠林细根生长量为  $7.3715t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ , 细根总生物量极差为  $2.694t \cdot hm^{-2}$ , 代入上式可算得甜槠林细根分解量为  $4.6775t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ , 细根年周转率至少 0.69 次。

与同类研究结果比较, 武夷山甜槠林的细根生长量显著高于我国长白山阔叶红松林<sup>[3]</sup> ( $4.860t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ) 和同处亚热带的鼎湖山常绿阔叶林<sup>[4]</sup> ( $3.740t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ), 低于北美阔叶林 ( $9.0t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ), 处于已报道的研究结果的范围内<sup>[2]</sup> ( $1.310 \sim 9.000t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ )。从现有资料看, 森林细根的年周转率范围在 0.29 ~ 1.20 次之间, 多数在 0.5 ~ 1.2 次<sup>[3]</sup>。甜槠林细根的年周转率也处于正常范围内。由于本研究中对活细根与死细根的生物量未

加区分, 对活细根生物量的估计过高, 因此实际细根年周转率应该大于 0.69 次。

### 3.3 不同林龄甜槠林细根生物量与生长量的比较

由表 3 可知, 在生物量方面, 随着林龄增长, 甜槠林根系总生物量相应地增加, 表现为  $P_1(17a) < P_2(34a) < P_3(58a) < P_4(76a)$  的趋势。其中, 粗根生物量随林龄增长的变化情况与根系总生物量基本相同, 表现为增加的趋势。而细根生物量随林龄增长的变化模式为单峰型的曲线, 自幼林起, 细根生物量逐渐增加, 至 34 林龄时达到最大值, 其后则逐渐降低。

表 3 不同林龄甜槠林根系生物量 ( $t \cdot hm^{-2}$ ) 与生产力 ( $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ) 比较

Table 3 Comparison of root biomass and productivity in an age sequence of *C. greyi* stands

项目 Item	样地与林龄 Plot number and stand age			
	P <sub>1</sub> (17a)	P <sub>2</sub> (34a)	P <sub>3</sub> (58a)	P <sub>4</sub> (76a)
生物量 Biomass				
粗根 Thick	14.073	13.057	22.634	25.678
细根 Fine	7.904	14.475	8.998	10.645
合计 Total	21.977	27.532	31.632	36.323
生长量 Productivity				
粗根 Thick	0.828	0.384	0.390	0.338
细根 Fine	5.605	6.547	10.123	7.371
合计 Total	6.433	6.931	10.513	7.709

根系年生长总量随林龄增长的变化模式也为单峰型曲线, 自幼林起, 根系生长量逐渐增加, 至成熟初期阶段(58 龄)达到最大值, 其后又逐渐降低。细根生长量的变化情况与根系年生长总量完全一致, 说明甜槠林根系生产力的动态主要取决于细根生长量的数量动态。而粗根生长量则随林龄增长呈逐渐降低趋势, 在幼林阶段粗根生物量积累最快, 而在成熟林阶段粗根的生物量积累相对缓慢且稳定。此外, 4 个林分的细根生长量占根系年生长总量的比例在 87.1%(17 龄)~96.3%(58 龄)之间, 而细根生物量占根系总生物量的比例均较低, 在 28.4%(58 龄)~53.6%(34 龄)之间。

### 3.4 细根死亡途径在养分归还中的贡献

结合细根死亡分解量与养分元素含量的有关数据,对甜槠成熟林由细根死亡向土壤的养分归还量进行了计算,并与其它养分归还途径进行了比较<sup>[1]</sup>。由表4可以看出,对于N素,细根死亡分解是最主要的归还途径,通过该途径的N素归还量占群落年归还总量的比例高达49.5%,比地上凋落物途径多3.1%;由细根死亡的P、Mg归还量分别占群落归还总量的42.3%和28.9%,略低于凋落物途径;K、Ca归还以降水淋溶为主,其次是凋落物途径,而细根途径仅占总归还量的19.3%和9.2%。

表4 甜槠林生态系统中通过不同途径养分元素归还量(kg·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>)的比较

Table 4 Comparison of returns of nutrient elements via different routes in *C. eyrei* forest

归还途径 Routes	N	P	K	Ca	Mg
降水淋溶 Canopy leaching	5.50	0.75	52.57	32.36	2.80
凋落物 Litter	48.78	1.52	20.59	18.47	4.87
粗死木质残体 CWD	4.27	0.12	1.80	2.89	0.56
细根死亡 Root death	52.08	1.20	17.96	5.41	3.34
归还总量 Total	105.13	2.84	92.92	59.13	11.57

致谢 野外观测和资料收集工作得到何建源、刘初钊、金昌善、陈仁华和李强等同志的大力协助,特致谢忱!

参考文献

1 李凌浩,邢雪荣,黄大明等. 1996. 武夷山甜槠林粗死木质残体的贮量、动态及其功能评述. 植物生态学报, 20(2): 132~144.  
 2 单建平,陶大立. 1992. 国外对树木细根的研究动态. 生态学杂志, 11(4): 46~49.  
 3 单建平,陶大立,王 森等. 1993. 长白山阔叶红松

林细根周转的研究. 应用生态学报, 4(3): 241~245.  
 4 廖兰玉,丁明懋,张祝平等. 1993. 鼎湖山某些植物群落根系生物量及其氮素动态. 植物生态学报, 17(1): 56~60.  
 5 Baucø E., Allen, D. C. 1992. Condition of the fine roots of sugar maple in different stages of decline. *Can. J. For. Res.*, 22: 264~266.  
 6 Camire C., Vite, B., Brulotte, S. 1991. Decomposition of roots of black alder and hybrid poplar in short rotation plantings: Nitrogen and lignin control. *Plant and Soil*, 138: 123~132.  
 7 Comeau, P. G., Kimmins J. D. 1989. Above and below-ground biomass and production of lodgepole pine on sites with differing soil moisture regimes. *Can. J. For. Res.*, 19: 447~455.  
 8 Fogel R. 1983. Root turnover and productivity of coniferous forests. *Plant and Soil*, 71: 75~86.  
 9 Hendrick, R. L., Pregitzer, K. S. 1992. The demography of fine roots in a northern hardwood forest. *Ecology*, 73(3): 1094~1104.  
 10 McLaugherty, C. A. and Aber J. D. 1982. The role of fine roots in the organic matter and nitrogen budgets of two forested ecosystems. *Ecology*, 63(5): 1481~1490.  
 11 Nadelhoffer, K. L. and Raich, J. W. 1992. Fine root production estimates and belowground carbon allocation in forest ecosystems. *Ecology*, 73(4): 1139~1147.  
 12 Newton, M., Cole E. C. 1991. Root development in planted Douglas-fir under varying competitive stress. *Can. J. For. Res.*, 21: 25~31.  
 13 Persson, H. A. 1983. The distribution and productivity of fine roots in boreal forests. *Plant and Soil*, 71: 87~101.  
 14 Swezy, D. M., Agee J. K. 1991. Prescribed-fire effects on fine root and tree mortality in old-growth ponderosa pine. *Can. J. For. Res.*, 21: 626~634.  
 15 Vance, E. D., Nadkarni, N. M. 1992. Root biomass distribution in a moist tropical montane forest. *Plant and Soil*, 142: 31~39.  
 16 Vogt, K. A. 1986. Production, turnover and nutritional dynamics of above- and belowground detritus of world forests. *Advances in Ecological Research*, 15: 303~307.  
 17 Vogt, K. A., Vogt D. J., Moore, E. E. 1987. Conifer and angiosperm fine root biomass in relation to stand age and site productivity in Douglas-fir forests. *J. Ecol.*, 75: 857~870.