

# 武夷山甜槠群落氮、磷的累积循环<sup>①</sup>

林益明 李振基 杨志伟 林 鹏

(厦门大学生物学系 厦门 361005)

何建源 刘初钊

(武夷山自然保护区管理局 武夷山 354315)

**摘要** 讨论了中亚热带武夷山先峰岭51龄甜槠 *Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch. 群落的氮、磷元素的累积和循环. 测定结果表明: 群落现存量中含有的氮、磷总量分别为  $155.549 \text{ g/m}^2$  和  $5.535 \text{ g/m}^2$ , 其中地上部分分别为  $127.117 \text{ g/m}^2$  和  $4.463 \text{ g/m}^2$ ; 地下部分分别为  $28.432 \text{ g/m}^2$  和  $1.072 \text{ g/m}^2$ . 甜槠群落氮、磷元素的生物循环中, 年吸收量分别为  $9.458 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和  $0.434 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ , 存留量分别为  $4.488 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和  $0.199 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ , 归还量分别为  $4.970 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和  $0.235 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ . 它们的氮含量均大小磷含量, 周转期氮43年, 磷40年, 氮元素周转比磷元素慢.

**关键词** 甜槠群落, 元素累积, 生物循环

中国图书分类号 Q 949.73

氮、磷元素是植物体不可缺少的重要元素. 植物体特别是凋落物中氮元素的含量水中, 密切关系到凋落物的矿化速度, 同时也反映出归还土壤的肥力效应及森林生态系统食物链中微生物的营养源状况<sup>[1]</sup>; 在热带和亚热带地区, 磷往往成为植物生长、发育的限制因素, 因此, 亚热带地区的磷的循环特征具有重要的意义<sup>[2]</sup>. 中亚热带武夷山常绿阔叶林是联合国的“人与生物圈”的保护计划之一, 对于其森林生态系统物质循环的研究仍未见报道. 为此, 我们选择了武夷山常绿阔叶林的代表类型—甜槠群落, 进行各项有关氮、磷元素的生物循环的研究, 探索该群落氮、磷元素的累积及其在群落内的生物循环状况, 以了解该森林生态系统的特点, 为其生态系统功能、土壤肥力评价、自然保护区的生产建设和管理提供系统的科学资料.

## 1 自然条件和样地概况

甜槠群落的实验地设在距保护区管理局10 km 处的先峰岭, 纬度  $27^{\circ}42' \text{N}$ , 经度  $117^{\circ}41' \text{E}$ , 海拔1 200 m 左右. 气候属典型的亚热带季风气候. 样地中乔木层林冠一般13 m, 最高植株15 m, 林内乔木层主要是甜槠, 并有少量木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ.)、石栎 [*Lithocarpus glaber* (Thunb.) Nakai.], 交让木 (*Daphniphyllum macropodum* Miq.); 林下灌木层有肿节少穗竹 [*Oligostachyum oedenogatum* (Z. P. Wang et G. H. Ye) Q. F. Zheng et K. F. Huang], 细齿柃木 (*Eurya loquaina* Dunn.), 鹿角杜鹃 (*Rhododendron latoucheae* Franch.); 草本层有里白 [*Hieracium glauca* (Thunb.) Ching], 菝葜 (*Smilax china* L.), 狗脊 [*Woodwardia-*

*dia japonica* (Linn. f.) Sm. ]等. 林冠郁闭度达90%, 平均密度每100 m<sup>2</sup>有11.4株, 平均胸径20.88 cm, 叶面积指数3.5. 林下土壤为山地黄壤, 土层厚度80 cm. 表层多细根, 腐殖层褐黑色, 有团粒结构, 上覆盖植物落叶层3~5 cm. 土壤的理化性质见表1.

表1 甜槠群落土壤的理化特性

Tab. 1 The physical and chemical properties of soils in *Castanopsis eyrei* community

土壤深度 (cm)	pH	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	全 N		全 P	
			%	g/m <sup>2</sup>	%	g/m <sup>2</sup>
0~30	4.35	0.80	0.394	945.60	0.022	52.80
30~60	4.55	1.195	0.187	670.395	0.023	82.455
60~80	4.90	1.40	0.077	215.60	0.023	64.40

## 2 材料和方法

甜槠群落现存生物量的测定于1992年12月进行. 测定3个10 × 10 m<sup>2</sup>样方内乔木种群的树高、胸径并砍伐标准木, 并挖根系, 求算生物量<sup>[3]</sup>, 并分别从各组分进行采样. 其中从标准木上随机采取树干(树材和树皮)、叶、幼枝、多年生枝、枯枝、根等分析样品, 每份约100~500 g; 其中林下灌木层按2 × 2 m<sup>2</sup>, 草本层按0.5 × 0.5 m<sup>2</sup>的样方测定生物量, 并分别采得灌木层和草本层的分析样品各100~500 g. 新鲜的样品在烘箱中60℃烘干至恒重, 冷却后经粉碎机磨成粉末, 过60号筛后贮于试剂瓶中待测. 土壤样品的采样分三层, 第一层0~30 cm, 第二层30~60 cm, 第三层60~80 cm, 在各层中收集适量的土样, 经自然风干、磨碎、过筛, 贮存待测. 采样的同时, 采用容重采土器测定各层土壤容重. 植物样品氮的测定采用钠氏试剂比色法<sup>[4]</sup>. 磷的测定采用钼蓝比色法<sup>[5]</sup>, 土壤全氮含量采用凯氏定氮法, 全磷的测定采用酸溶-钼蓝比色法<sup>[6]</sup>.

表2 甜槠群落各组分 N、P 含量(% dw)

Tab. 2 The concentrations of N and P in the different fractions of *Castanopsis eyrei* community

组 分	N	P
叶	1.336	0.056
幼 枝	0.878	0.054
多年生枝	0.598	0.026
枯 枝	0.560	0.014
树 材	0.242	0.007
树 皮	0.581	0.021
灌 木	1.090	0.051
草 本	0.970	0.041
粗 根	0.395	0.014
中 根	0.617	0.021
细 根	0.710	0.027
枯 根	0.510	0.037

## 3 结果和讨论

### 3.1 甜槠群落各组分 N、P 元素含量

甜槠群落各组分 N、P 含量的测定结果见表2.

从表2可以看出, N、P 元素在不同组分的分布是不同的. N 在叶中含量最高, 为1.336%; 其次为幼枝, 为0.878% (除灌木和草本外). 含 P 量最高的也是叶, 为0.056%, 其次是幼枝0.054%. N、P 两种元素密切参与植物的生命过程, 在植物体中主要集中于生命活动旺盛的叶以及幼枝中; 而在高度木质化的组织树材 N、P 的含量均是最低, 分别为0.242%

和0.007%。但地下部的根系 N、P 的含量并不高,这是因为根中木质部所占比例大,不同于叶片中活跃的薄壁细胞所占的比例大,蛋白质、核酸含量高的缘故。

### 3.2 甜槠群落的 N、P 库存量及其分布

根据甜槠群落各组分的生物量以及元素含量,推算出甜槠群落各组分的 N、P 的库存量及其分布(表3)。

表3 甜槠群落 N、P 元素的现存库量

Tab.3 The pool amounts of N and P in *Castanopsis eyrei* community (g/m<sup>2</sup>)

组分	总量%	N	占总量%	P
叶	17.256	11.09	0.723	13.06
幼枝	1.673	1.08	0.103	1.86
多年生枝	24.771	15.92	1.077	19.46
枯枝	2.392	1.54	0.060	1.08
树材	63.544	40.85	1.838	33.21
树皮	14.493	9.32	0.524	9.47
灌木	2.633	1.69	0.123	2.22
草本	0.355	0.23	0.015	0.27
地上部合计	127.117	81.72	4.463	80.63
粗根	12.989	8.35	0.460	8.31
中根	5.149	3.31	0.175	3.16
细根	8.969	5.77	0.341	6.16
枯根	1.325	0.85	0.096	1.73
地下部合计	28.432	18.28	1.072	19.37
总和	155.549	100.00	5.535	100.00

从表3甜槠群落各组分 N 元素的库量来看,树干>枝>根>叶>灌木>草本,而各组分 P 元素的库量呈现与 N 相同的分配大小规律。甜槠群落中 N、P 现存总库量分别为155.549 g/m<sup>2</sup>和5.535 g/m<sup>2</sup>,其中地上部 N、P 库量分别为127.117 g/m<sup>2</sup>和4.463 g/m<sup>2</sup>,地下部分别为28.432 g/m<sup>2</sup>和1.072 g/m<sup>2</sup>。在甜槠群落中,乔木层含有生物量 N 的绝大部分,只有1.92%(其中灌木1.69%、草本0.23%)分布于灌木和草本层植物中。

与亚热带地区的其它森林群落相比,中亚热带武夷山甜槠群落 N 元素的现存库量为155.549 g/m<sup>2</sup>,高于亚热带广东流溪河水库的常绿阔叶林的116.28 g/m<sup>2</sup><sup>[7]</sup>(其中甜槠群落的生物量40728.1 g/m<sup>2</sup>与广东流溪河水库的常绿阔叶林生物量40604 g/m<sup>2</sup>相近),明显高于亚热带广东流溪河水库的马尾松林的98.13 g/m<sup>2</sup>和杉木林的33.28 g/m<sup>2</sup><sup>[7]</sup>;甜槠群落 P 元素的现存库量为5.535 g/m<sup>2</sup>,与亚热带广东流溪河水库的常绿阔叶林的4.99 g/m<sup>2</sup>相近,高于

马尾松林的 $3.65 \text{ g/m}^{2[7]}$ 和杉木林的 $1.62 \text{ g/m}^{2[7]}$ 。甜槠群落 N 与 P 的现存库量为 28: 1, 以及广东流溪河水库的常绿阔叶林的 23: 1 可以说明, 亚热带地区的强酸性土壤易造成 P 的供应不足。

### 3.3 甜槠群落中氮、磷的生物循环

#### 1) 氮、磷元素的循环

a) 群落氮、磷的年存留量 年存留量是指一年内群落净累积在植物体内元素的总重量。根据武夷山甜槠群落 1992 年的干物质净增长量与相应各组分的元素含量的乘积可得出甜槠群落 N、P 元素的年存留量, 见图 1。

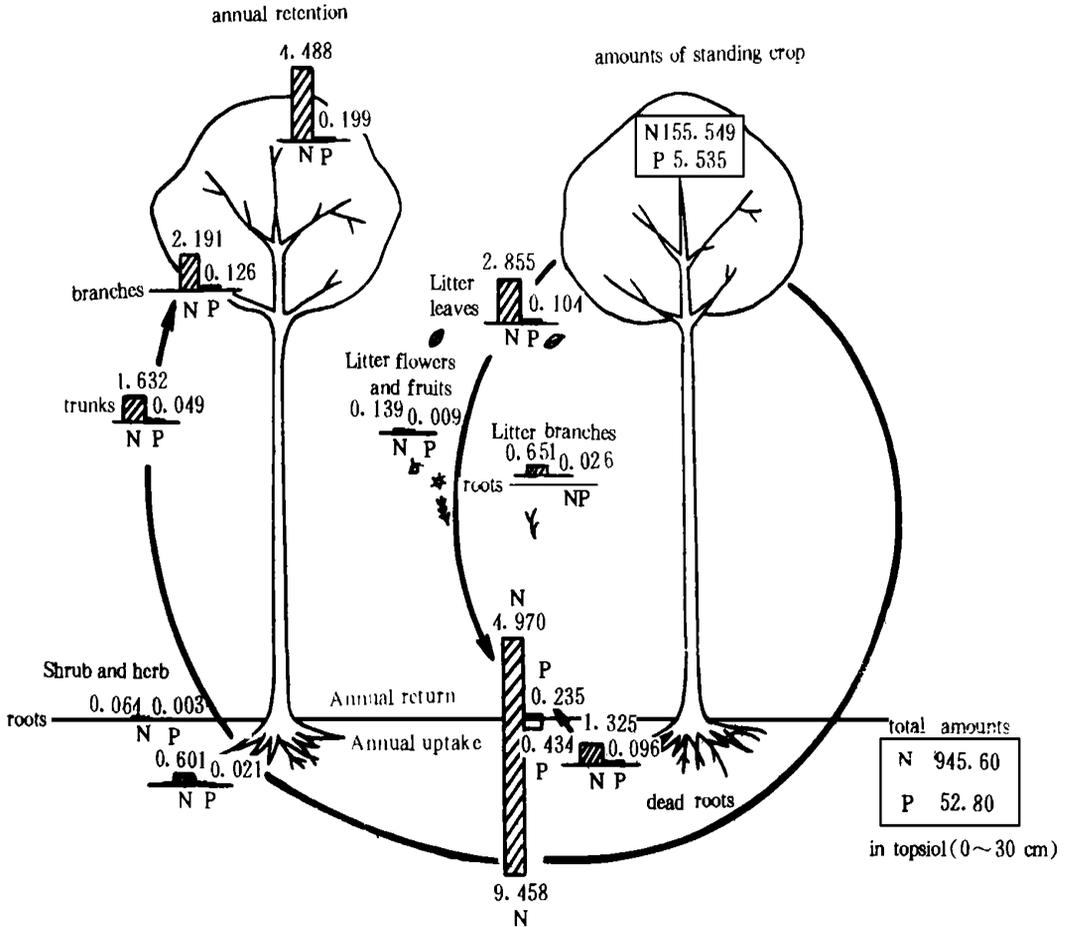


图1 武夷山51龄甜槠群落 N、P 的年循环(1992)年( $\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$ )

Fig. 1 Annual cycle of N and P in 51-year-old *Castanopsis eyrei* community in Wuyi mountains (1992)

由图1看出, 甜槠群落年存留量, 氮为 $4.488 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ , 磷为 $0.199 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ ; 其中枝的年存留量最大, 氮为 $2.191 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ , 占总量的48.82%, 磷为 $0.126 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ , 占总量的63.32%; 其次为

树干, 氮为 $1.632 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  (占36.36%), 磷为 $0.049 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  (占24.62%); 林下灌木和草本层的年存留量很小, 氮为 $0.064 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  (占1.43%), 磷为 $0.003 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  (占1.51%)。

b) 群落氮、磷的年归还量 年归还量指通过凋落物和土中的枯根在一年内归还给土壤的元素重量, 经计算得出, 年归还量 N 为 $4.970 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ 、P 为 $0.235 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ , 见图1。

c) 甜槠群落氮、磷的年吸收量 年吸收量为年存留量与年归还量之和<sup>[8]</sup>, 依此计算得出甜槠群落 N、P 的年吸收量分别为 $9.458 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和 $0.434 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ 。表4列出两个温带落叶阔叶林与中亚热带常绿阔叶林甜槠林进行比较。

表4 几种森林存留、归还和吸收的比较

Tab. 4 The comparison of retention, return and uptake in some forests (g/m<sup>2</sup>)

国 家	森林类型	年龄 (年)	氮				磷			
			存留	归还	吸收	归还 吸收	存留	归还	吸收	归还 吸收
比利时 <sup>[9]</sup>	橡树-白腊树林	140	4.4	5.5	9.9	0.56	0.4	0.4	0.8	0.50
比利时 <sup>[9]</sup>	橡树混交林	30~75	3.0	4.4	7.4	0.59	0.22	0.31	0.53	0.58
中国武夷山	甜槠林	51	4.488	4.970	9.458	0.52	0.199	0.235	0.434	0.54

从表4可以看出, 我国中亚热带武夷山常绿阔叶林51龄甜槠林与比利时温带落叶阔叶林140龄的橡树-白腊树林、30~75龄的橡树混交林在 N 元素的循环上存在相似的规律, 即它们 N 的归还量均大于存留量, N 的归还量占吸收量的比例都在50%以上, 51龄的甜槠林为52%、140龄的橡树-白腊树林为56%、30~75龄的橡树混交林为59%。在 P 元素的循环上, 除140龄橡树-白腊树林的归还量等于存留量外, 30~75龄的橡树混交林、51龄的甜槠林 P 元素的归还量都大于存留量。140龄的橡树-白腊树林生长在比利时 Wavreille 地区深厚的矿质元素丰富的土壤上, 具有丰富的 N、P 循环; 而30~75龄的橡树混交林生长在比利时 Virelle 地区较浅薄的钙质土壤上, 在 N 的周转上相对地是节省的<sup>[9]</sup>。中亚热带51龄甜槠林生长在土层较厚的酸性土壤上, N 的循环较丰富, 而 P 却缺乏。从甜槠林 P 的存留、归还、吸收量低可以说明, 甜槠林地 pH 值在4.35~4.90, 降低了磷素的有效性, 影响了甜槠群落对磷素的吸收。

2) 甜槠群落氮、磷的循环系数

a) N、P 的周转期 某一元素在植被中的周转期是以该元素在现存量中的储存量与年凋落物中相应元素重量的比率。经计算甜槠群落 N、P 的周转期分别为43年和40年, N 的周转比 P 慢。

b) N、P 的富集率 富集率是指净初级生产量中元素的平均浓度与群落生物量中的相应元素的平均浓度的比值<sup>[10]</sup>。武夷山甜槠群落生物量氮、磷的平均浓度分别为0.382% (155.549/40728.1) 和0.014% (5.535/40728.1); 而1992年甜槠群落净生产量中氮、磷的平均浓度分别为0.589% [(4.488+ 3.645)/1381.6] 和0.024% [(0.199+ 0.139)/1381.6], 从而计算出甜槠群落 N 的富集率为1.542, P 的富集率为1.714, N、P 的富集率都大于1, 说明了甜槠群落的 N、P 仍在不断的吸收累积。

## 参 考 文 献

- 1 卢俊培, 刘其汉. 海南岛尖峰岭热带林凋落物研究初报. 植物生态学与地植物学学报, 1988, 12(2): 104~111
- 2 罗汝英. 森林土壤学. 北京: 科学出版社, 1983: 164~207
- 3 林益明, 林鹏, 李振基等. 武夷山甜槠群落的生物量和生产力. 厦门大学学报(自然科学版), 1996, 35(2): 269~275
- 4 华南热带作物研究院. 用比色法测定橡胶叶片氮含量. 热作科技通讯, 1974, (5): 12~13
- 5 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤. 北京: 科学出版社, 1974: 499~622
- 6 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, 62~366
- 7 管东生. 流溪水库林区森林生态系统养分的研究. 热带亚热带森林生态系统研究, 北京: 科学出版社, 1989, 5, 123~134
- 8 Tsutsumi, T (陈佐忠译). 森林生态系统中营养元素的积累和循环. 植物生态学译丛, 北京: 科学出版社, 1982, 4, 177~180
- 9 Duvigneaud P, Denaeger-De Smet S. 温带落叶林矿质元素的生物循环. 植物生态学译丛, 北京: 科学出版社, 1974, 1, 72~95
- 10 Woodwell G M, Whittaker R H, Houghton R A. Nutrient concentrations in plant in Brookhaven Oakpine forest. *Ecology*, 1975, 56(2): 318~332

## Accumulation and Biological Cycle of N and P Elements in *Castanopsis eyrei* in Wuyi Mountains

Lin Yiming Li Zhenji Yang Zhewei Lin Peng

(Dept. of Biol., Xiamen Univ., Xiamen 361005)

He Jianyuan Liu Chudian

(The Adm Bureau of the Wuyishan National Nature Res., Wuyishan 354315)

### Abstract

This paper deals mainly with the accumulation and biological cycle of N and P elements of 51-year-old *Castanopsis eyrei* community in Xianfengling in Wuyi Mountains. The main results of the measurement were as follows: 1) The amounts of N and P in the standing crop of this community were 155.549 g/m<sup>2</sup> and 5.535 g/m<sup>2</sup>, in which the amounts of the two elements in the biomass of aboveground were 127.117 g/m<sup>2</sup> for N and 4.463 g/m<sup>2</sup> for P, and in the biomass of underground were 28.432 g/m<sup>2</sup> for N and 1.072 g/m<sup>2</sup> for P, respectively. 2) In biological cycle of N and P of this stand, the annual values of the vegetation mineral uptake were 9.458 g/m<sup>2</sup>·a for N and 0.434 g/m<sup>2</sup>·a for P, of its retention were 4.488 g/m<sup>2</sup>·a for N and 0.199 g/m<sup>2</sup>·a for P, and its return were 4.970 g/m<sup>2</sup>·a for N and 0.235 g/m<sup>2</sup>·a for P respectively. 3) The turnover periods of N and P were 43 and 40 years respectively.

### Key words

*Castanopsis eyrei* community, Accumulation of element, Biological cycle