

武夷山甜槠群落钙、镁的累积和循环^{*}

李振基 林益明 杨志伟 林 鹏 (厦门大学生物学系, 厦门 361005)

何建源 汪家社 (武夷山国家级自然保护区管理局, 武夷山 354315)

【摘要】 对 51 年生甜槠群落 Ca、Mg 含量及其生物循环研究表明, 甜槠群落现存量中, Ca、Mg 总量分别为 1029.96 和 231.34 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; 其中地上部分分别为 801.40 和 159.68 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 地下部分分别为 228.56 和 71.66 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。该群落 Ca、Mg 生物循环中, 年吸收量分别为 63.17 和 18.68 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 年存留量分别为 31.77 和 11.41 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 年归还量分别为 31.40 和 7.27 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; Ca、Mg 的富集率分别为 1.66 和 2.14。

关键词 甜槠群落 Ca、Mg 累积 生物循环

Accumulation and cycling of Ca and Mg in *Castanopsis eyrei* community in Wuyishan Mountains. Li Zhenji, Lin Yiming, Yang Zhiwei, Lin Peng (Department of Biology, Xiamen University, Xiamen 361005). -Chin. J. Appl. Ecol., 1998, 9(6): 592~ 596.

Studies on a 51 years old *Castanopsis eyrei* community in Wuyishan Mountains show that the standing had a storage of 1029.96 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Ca and 231.34 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Mg, 801.40 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Ca and 159.68 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Mg in aboveground part, and 228.56 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Ca and 71.66 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Mg in underground part. The annual uptake was 63.17 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Ca and 18.68 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Mg, annual retention was 31.77 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Ca and 11.41 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Mg, and annual return was 31.40 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Ca and 7.27 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Mg. The enrichment ratios of Ca and Mg were 1.66 and 2.14, respectively.

Key words *Castanopsis eyrei* community, Accumulation of Ca and Mg, Biological cycling.

1 引 言

武夷山甜槠群落是我国中亚热带地带性植被——常绿阔叶林的典型群落之一, 其群落学特征在整个武夷山乃至亚热带地区的常绿阔叶林中具有一定的代表性。但到目前为止, 对该群落物质循环的研究尚未见报道。本文在生物量和第一性生产力研究的基础上, 研究了武夷山 51 年生甜槠群落的 Ca、Mg 的累积和生物循环, 为该生态系统功能、土壤肥力评价提供理论依据。

2 自然概况和研究方法

2.1 自然概况

武夷山保护区地处中亚热带, 气候温暖湿润。年平均气温为 12~ 18 $^{\circ}\text{C}$, 1 月均温约为 3 $^{\circ}\text{C}$, 7

月均温为 23~ 24 $^{\circ}\text{C}$; 年平均降水量 2000mm 左右, 年均相对湿度 80~ 85%, 年均雾日在 100 天以上。

甜槠群落的实验地设在距武夷山自然保护区管理局 10km 处的先锋岭 (27 $^{\circ}$ 42' N, 117 $^{\circ}$ 41' E), 海拔 1270m 左右。林下土壤为山地黄壤, 土层厚度 80cm。表层多细根, 腐殖层褐黑色, 有团粒结构。土壤理化性质见表 1。乔木层林冠一般高 13m, 最高 15m。优势种是甜槠 (*Castanopsis eyrei*), 并有少量木荷 (*Schima superba*)、石栎 (*Lithocarpus glaber*)、交让木 (*Daphniphyllum macropodum*); 林下灌木层有肿节少穗竹 (*Oligostachyum oedegonatum*)、细枝柃木 (*Eurya loquaiana*)、鹿角杜鹃 (*Rhododendron latouchae*);

* 福建省自然科学基金 (C92004) 和武夷山国家级自然保护区管理局资助项目。

1995- 05- 15 收稿, 1998- 05- 15 接受。

草本层有里白 (*Hicriopteris glauca*)、菝葜 (*Smilax china* L.) 和狗脊 (*Woodwardia japonica*) 等。

表 1 甜槠群落土壤的理化特性

Table 1 Physical and chemical properties of soils in *Castanopsis eyrei* community

土壤深度 Soil depth (cm)	pH	容重 Weight of volume ($g \cdot cm^{-3}$)	土重 Weight of soil ($g \cdot cm^{-2}$)	Ca		Mg	
				浓度 Concentration (%)	库存量 Storage ($kg \cdot hm^{-2}$)	浓度 Concentration (%)	库存量 Storage ($kg \cdot hm^{-2}$)
0~ 30	4.35	0.80	24.0	0.023	552	0.125	3000
30~ 60	4.55	1.20	36.0	0.019	684	0.135	4860
60~ 80	4.90	1.40	28.0	0.013	364	0.166	4648
合计 Total			88.0		1600		12508

2.2 研究与方法

在甜槠群落的样地中设立 12 个 $10m \times 10m$ 的样方, 分别记录样方中乔木种群的数量, 并测量每木的高度、胸径。然后在样方中随机选取具有代表性的 3 株标准木进行砍伐, 并分层挖出根系, 估算生物量, 林下灌木层和草本层用收获法直接测定, 灌木层采用 $2m \times 2m$, 草本层用 $0.5m \times 0.5m$, 各 2 个重复。

采伐标准木同时, 分别采得树干(树材、树皮)、幼枝、多年生枝、枯枝、叶、灌木、草本植物、粗根、中根、细根、枯根的样品 $100 \sim 500g$, $60^\circ C$ 烘干, 经粉碎机磨成粉末, 过 60 号筛贮存待测。另取少量样品于 $105^\circ C$ 烘干, 换算生物量。

甜槠群落各组分样品的 Ca、Mg 测定采用原子吸收分光光度法^[3], 仪器为 WFX-IB 型原子吸收分光光度计。叶面积指数用剪纸衡重法测定。

3 结果与讨论

3.1 甜槠群落的 Ca、Mg 元素浓度

经测定, 甜槠群落各组分的 Ca、Mg 元素浓度如表 2 所示。从表 2 可以看出, 树皮的含 Ca 量最高, 其次是枯枝, 树干材最低。树皮含 Ca 量最高, 这与海南岛橡胶树皮含 Ca 量最高的结果一致^[1]。Mg 浓度最高的是幼枝, 其次是叶, 树干材最低。由于 Mg 密切参与植物的生命过程, 所以它主要集中于生命活动旺盛的叶以及幼枝中。Ca、Mg 浓度最低的部位都是树干材, 与北京人工刺槐林^[6]、广西火力楠人工林^[5] 研究结果一致。同时, 甜槠群落各组分中 Ca 浓度均高于 Mg 浓度。

林冠郁闭度达 90%, 平均密度 $1140 \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$, 平均胸径 20.88cm, 叶面积指数 3.5。

表 2 甜槠群落各组分的 Ca、Mg 浓度(%)

Table 2 Concentration of Ca and Mg in different fractions of *Castanopsis eyrei* community (% dw)

组 分 Organs	Ca	Mg
叶 Leaf	0.327	0.198
幼枝 Twig	0.618	0.383
多年生枝 Perennial branch	0.578	0.134
枯枝 Dead branch	0.680	0.109
树材 Wood of trunk	0.094	0.014
树皮 Bark of trunk	0.896	0.103
灌木 Shrub	0.325	0.157
草本植物 Herb	0.203	0.109
粗根 Macro-root (> 2cm)	0.490	0.117
中根 Mid-root (0.2~ 2cm)	0.401	0.175
细根 Micro-root (< 0.2cm)	0.228	0.133
枯根 Dead root	0.199	0.069

3.2 甜槠群落 Ca、Mg 的现存库量

甜槠群落各组分 Ca、Mg 元素浓度与相应各组分的现存生物量相乘就得出各组分的现存库量(表 3)。

表 3 甜槠群落 Ca、Mg 的现存库量

Table 3 Storage of Ca and Mg in *Castanopsis eyrei* community

组分 Fraction	Ca		Mg	
	I	II	I	II
叶 Leaf	42.24	4.10	25.57	11.05
幼枝 Twig	11.78	1.14	7.30	3.16
多年生枝 Perennial branch	239.42	23.25	55.51	23.99
枯枝 Dead branch	29.04	2.82	4.66	2.01
树材 Wood of trunk	246.82	23.96	36.76	15.89
树皮 Bark of trunk	223.51	21.70	25.69	11.11
灌木 Shrub	7.85	0.76	3.79	1.64
草本植物 Herb	0.74	0.07	0.40	0.17
粗根 Macro-root	161.13	15.64	38.47	16.63
中根 Mid-root	33.46	3.25	14.60	6.31
细根 Micro-root	28.80	2.80	16.80	7.26
枯根 Dead-root	5.17	0.50	1.79	0.77
总计 Total	1029.96	100.00	231.34	100.00

I 库存量 Storage($kg \cdot hm^{-2}$), II 占总量百分比 Percentage to total(%).

从表 3 可以看出,甜槠群落的 Ca、Mg 总库量分别为 1029.96 和 231.34 kg·hm⁻²;其中地上部分分别为 801.40(占总库量的 77.81%)和 159.68 kg·hm⁻²(占 69.02%);地下部分分别为 228.56(占 22.19%)和 71.66kg·hm⁻²(占 30.98%). 各组间 Ca 库量的大小顺序是:树干材>多年生枝>树皮>粗根>叶>中根>细根>枯枝>幼枝>灌木>枯根>草本. 各组间 Mg 的库量的大小顺序是:多年生枝>粗根>树材>树皮>叶>细根>中根>幼枝>枯根>灌木>枯枝>草本. 各组合的 Ca 库量均高于 Mg 库量. 这与北京人工刺槐林研究结果一致^[6].

与其它森林群落相比,甜槠群落的 Ca 库存量 1029.96kg·hm⁻², 低于北京人工刺槐林4330.2kg·hm⁻²[6]、比利时 Wavirelles 地区橡树林 1648kg·hm⁻²[6]和北京人工油松林 1618.5kg·hm⁻²[7], 而高于广东流溪河水库的常绿阔叶林 316kg·hm⁻²、马尾松林 265.3kg·hm⁻²[10]. 甜槠群落 Mg 库量为 231.34kg·hm⁻², 低于人工油松林362.2 kg·hm⁻²[7], 而与广东流溪河水库的常绿阔叶林 207.4kg·hm⁻²[10]和北京人工刺槐林266.6kg·hm⁻²相近. 其中甜槠群落 Ca 与 Mg 的库量比为 4.45◇1, 低于比利时的橡树林 (10.56◇1) 和北京人工刺槐林 (16.24◇1), 而与北京人工油松林 4.47◇1 几乎相等.

3.3 甜槠群落 Ca、Mg 的生物循环

3.3.1 Ca、Mg 元素的年存留量 根据武夷山甜槠群落 1992 年的干物质净增长量与相应各组合的 Ca、Mg 元素浓度的乘积可得出 Ca、Mg 的年存留量.(图 1). 从图 1 可见,幼枝中的 Ca、Mg 年存留量均量高.

3.3.2 Ca、Mg 元素的年归还量 从表 4 可见,甜槠群落的 Ca、Mg 年归还量分别为 31.40kg·hm⁻²和7.27kg·hm⁻².

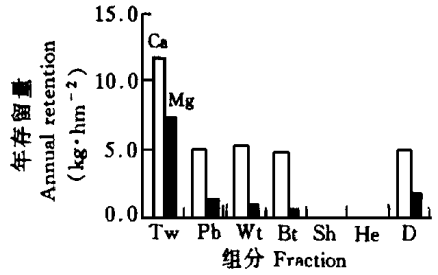


图 1 甜槠群落 Ca、Mg 的年存留量
Fig 1 Pool amount of Ca and Mg in *Castanopsis eyrei* community.
Wt: 树干 Wood of trunk, Pb: 多年生枝 Perennial branches, Bt: 树皮 Bark of trunk, Tw: 幼枝 Twigs, Sh: 灌木 Shrubs, He: 草本 Herbs, D: 根 Root.

表 4 甜槠群落 Ca、Mg 的年归还量
Table 4 Annual return of Ca and Mg in *Castanopsis eyrei* community

组分 Fraction	年生产量 Production (kg·hm ⁻² ·yr ⁻¹)	元素浓度 Concentration of element(%)		元素归还量 Return of element (kg·hm ⁻²)	
		Ca	Mg	Ca	Mg
落叶 Litter leaf	2899.2	0.625	0.158	18.91	4.57
落花 Litter flower	13.4	0.373	0.126	0.04	0.01
落果 Litter fruit	121.5	0.376	0.162	0.47	0.21
大落枝 Litter big branch	246.8	1.193	0.066	2.94	0.16
小落枝 Litter small branch	511.1	0.757	0.102	3.87	0.53
枯根 Dead root	2599.0	0.199	0.069	5.17	1.79
总计 Total	6391.0			31.40	7.27

3.3.3 Ca、Mg 元素的年吸收量 年吸收量为年存留量与年归还量之和^[13], 依此推算出甜槠群落 Ca、Mg 的年吸收量分别为 63.17kg·hm⁻²和 18.68kg·hm⁻², 归还量分别占吸收量的 49.7% 和 38.9%. 这一比例与日本陆生天然阔叶林的情况相似(分别为 50.9% 和 40.7%)^[13], 而低于英国沼泽庞桦林(分别为 77.3% 和 83.9%)^[11]和我国海莲红树林(分别为 66% 和 80%)^[9], 表明中生环境的 Ca、Mg 的归还率均比湿生环境的森林低. 甜槠群落 Ca、Mg 元素的年循环如图 2 所示.

3.3.4 Ca、Mg 在群落中的周转期 某一元素在植被中的周转期是以该元素在现存量

中的库存量与在年凋落物中相应元素重量的比率。经计算, 甜槠群落 Ca、Mg 的周转期分别为 39 年和 42 年, Ca 的周转比 Mg 快, 这个结果与巴拿马热带雨林 Ca(22 年)比 Mg(25 年)快的研究结果一致^[12]。

3.3.5 元素的流动系数 营养元素由土壤进入植物, 是生物循环的一个重要过程, 可以用生物吸收系数、利用系数来说明^[10]。植物对营养元素的吸收累积取决于植物本身的选择吸收功能, 具有相对的独立性。从表 5 可以看出, 甜槠群落 Ca 的吸收系数为 11.4%, 大大超过 Mg 的吸收系数 0.6%, 这说明中亚热带武夷山常绿阔叶林甜槠群落对 Ca 的吸收累积能力比 Mg 强。这也验证了 Ca 更多地集中于阔叶林中^[4]。

3.3.6 元素的富集率 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^[14], 计算出甜槠群落 Ca、Mg 的富集率均 > 1(表 6), 说明武夷山 51 年生甜槠群落的 Ca、Mg 仍

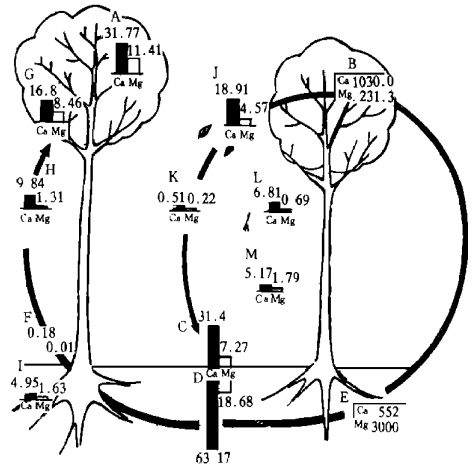


图2 武夷山 51 年生甜槠群落 Ca、Mg 的年循环 (1993) (kg·hm⁻²)
Fig.2 Annual cycle of Ca and Mg in 51-year-old *Castanopsis eyrei* community in Wuyishan Mountains (1993) (kg·hm⁻²).
 A. 年留存量 Annual retention, B. 元素现存量 Standing crop of element, C. 年归还量 Annual return, D. 年吸收量 Annual uptake, E. 表土层 (0~30cm) 库量 Storage in topsoil, F. 灌木和草本 Shrub and herb, G. 枝 Branch, H. 树干 Trunk, I. 根 Root, J. 落叶 Litter leaf, K. 落花果 Litter flower and fruit, L. 落枝 Litter branch, M. 枯根 Dead root.

表 5 甜槠群落的 Ca、Mg 的流动系数
Table 5 Movement coefficients of Ca and Mg in *Castanopsis eyrei* community

元素 Element	现存量 Storage in standing crop (kg·hm ⁻² ·yr ⁻¹)	年吸收量 Annual uptake (kg·hm ⁻² ·yr ⁻¹)	年归还量 Annual return (kg·hm ⁻² ·yr ⁻¹)	表土含量 Storage in surface soil (kg·hm ⁻²)	吸收系数 ¹⁾ Absorption coefficient	利用系数 ²⁾ Utilization coefficient	循环系数 ³⁾ Cycle coefficient
Ca	1029.96	63.17	31.40	552	0.114	0.061	0.497
Mg	231.34	18.68	7.27	3000	0.006	0.018	0.389

1) 吸收系数= 年吸收量/ 表土含量. Absorption coefficient= Annual uptake/ Storage in surface soil (0~30 cm), 2) 利用系数= 年吸收量/ 元素库量. Utilization coefficient= Annual uptake/ Storage in standing crop, 3) 循环系数= 年归还量/ 年吸收量. Cycle coefficient= Annual return/ Annual uptake.

表 6 甜槠群落 Ca、Mg 的富集率
Table 6 Enrichment ratio of Ca and Mg in *Castanopsis eyrei* community

元素 Element	净初级生产量中 元素平均浓度 ¹⁾ (%)	群落生物量中 元素平均浓度 ²⁾ (%)	富集率 Enrichment ratio
Ca	0.420	0.253	1.660
Mg	0.122	0.057	2.140

1) Mean concentration of element in netprimary production (1992), 2) Mean concentration in of element biomass.

不断地被吸收积累。

3.3.7 元素的迁移 根据文献[2]推算元素迁移的公式得出甜槠群落的 Ca、Mg 的生物吸收、分解和归还的比率(表 7), 从表 7 可见, Ca 的生物吸收率和生物归还率大于 Mg, 而 Ca 的生物分解率低于 Mg. 这与管东生研究广东流溪河水库的常绿阔叶林

表 7 甜槠群落 Ca、Mg 的迁移和生物循环

Table 7 The translocation and biological cycling of Ca and Mg in *Castanopsis eyrei* community

元素 Element	鲜叶 Fresh leaves (%)	凋落物 Litter fall (%)	残留物 Residues (%)	表土 Surface soil (%)	生物吸收率 Bio-absorption ratio ¹⁾	生物分解率 Bio-decompositi- on ratio ²⁾	生物归还率 Bio-return ratio ³⁾
Ca	0.327	0.692	0.726	0.023	1422	45	3156
Mg	0.198	0.144	0.093	0.125	158	213	74

1) 生物吸收率= 鲜叶化学组成/表土化学组成×100% . Biological absorption ratio= Chemical composition of fresh leaves/ Chemical composition of surface soil×100% , 2) 生物分解率= 鲜叶化学组成/残留物化学组成×100% . Biological decomposition ratio= Chemical composition of fresh leaves/ Chemical composition of surface soil×100% , 3) 生物归还率= 残留物化学组成/表土化学组成×100% . Biological return ratio= Chemical composition of residues/ Chemical composition of surface soil×100% .

的结论一致^[10] .

参考文献

- 1 王景华. 1987. 海南岛土壤和植物中的化学元素. 北京: 科学出版社. 77~ 118.
- 2 中国科学院南京土壤研究所. 1974. 中国土壤. 北京: 科学出版社. 499~ 622.
- 3 中国科学院南京土壤研究所. 1978. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社. 177~ 336.
- 4 东北林学院主编. 1981. 森林生态学. 北京: 中国林业出版社.
- 5 冯宗炜、张家武、陈楚莹等. 1983. 火力楠人工林生物量和营养元素的分布. 东北林学院学报, 11(2): 13~ 19.
- 6 陈灵芝、孙繁志、缪有贵等. 1988. 北京人工刺槐林化学元素浓度特征. 植物生态学与地植物学学报, 12(4): 245~ 254.
- 7 陈灵芝、胡肄慧、孔繁志等. 1987. 人工油松林的化学元素特征. 植物学报, 29(3): 302~ 308.
- 8 陈忠仁、施金生. 1985. 武夷山自然保护区人工植被. 武夷科学, 5: 275~ 283.
- 9 林鹏、林明祥. 1990. 海南岛海莲红树林的钙、镁累积和循环. 应用生态学报, 1(3): 209~ 213.
- 10 管东生. 1989. 流溪河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(第5集). 北京: 科学出版社. 123~ 134.
- 11 Duvigneaud, P., Denaeyer-Des Smet. (彭克明、陈佐忠译). 1974. 温带落叶林矿质元素的生物循环. 植物生态学译丛(第一集). 北京: 科学出版社. 72~ 95.
- 12 Golley, F. B. (李文华译). 1982. 热带森林的生产量和矿质循环. 植物生态学译丛(第四集). 北京: 科学出版社. 124~ 134.
- 13 Tsutsumi, T. (陈佐忠译). 1982. 森林生态系统中营养元素的积累和循环. 植物生态学译丛(第四集). 北京: 科学出版社. 177~ 180.
- 14 Woodwell, G. M., Whittaker R H and Houghton, R. A. 1975. Nutrient concentration in plants in Brookharen Oak-pine forest. *Ecol.*, 56(2): 318~ 332.