

# 武夷山甜槠群落的钾、钠累积和循环<sup>①</sup>

林益明 林鹏 李振基 杨志伟 刘初钿 汪家社

(厦门大学生物系 厦门 361005) (武夷山国家级自然保护区管理局 武夷山 354315)

**摘要** 是武夷山森林生态系统研究的一部分,主要讨论 51 年生甜槠 [*Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch.] 群落的钾、钠元素的累积和循环。结果表明:甜槠群落的现存量中,含有的钾、钠总量分别为  $82.936 \text{ g/m}^2$  和  $3.512 \text{ g/m}^2$ ,其中地上部分分别为  $66.710 \text{ g/m}^2$  (占总库存量的 80.44%) 和  $2.952 \text{ g/m}^2$  (占 84.05%);地下部分分别为  $16.226 \text{ g/m}^2$  (占 19.56%) 和  $0.560 \text{ g/m}^2$  (占 15.95%);各组分的库存量均是  $K > Na$ 。该群落钾、钠的生物循环中,钾、钠的年吸收量分别为  $4.601 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和  $0.178 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ ;其中年存留量分别为  $2.989 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和  $0.092 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ ,而年归还量分别为  $1.612 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和  $0.086 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ 。甜槠群落钾的周转期 65 年,钠 62 年,钾元素周转比钠元素慢。51 龄甜槠群落钾、钠的富集率分别为 1.515 和 1.222,均大于 1,说明了 51 龄甜槠群落中钾、钠仍在不断地吸收累积。

**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

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具有重要的意义。K 元素是植物代谢过程中所必需的常量元素;Na 元素在植物体内以离子存在( $\text{Na}^+$ ),K 元素是  $\text{Na}^+$  的增效剂。为此,我们选择了武夷山常绿阔叶林的代表类型——甜槠群落,从分析钾、钠入手,探索该群落钾、钠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。气候属典型的中亚热带季风气候,林地中乔木层林冠高一般 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],细枝柃木 (*Eurya loquaina* Dunn.),鹿角杜鹃 (*Rhododendron latoucheae* Franch.);草本层有里白 [*Hicriopteris glauca* (Thunb.) Ching.],菝葜 (*Smilax China* L.),狗脊 (*Woodwardia japonica* (Linn. f.) Sm.) 等。林冠郁闭度达 90%,立木平均密度每  $100 \text{ m}^2$  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,上覆盖枯枝落叶层 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 K		全 Na	
			%	g/m <sup>2</sup>	%	g/m <sup>2</sup>
0~30	4.35	0.80	2.115	5076.0	0.152	364.8
30~60	4.55	1.195	2.347	8413.995	0.170	609.45
60~80	4.90	1.40	2.812	7873.6	0.136	380.8

## 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 m × 10 m 样方内乔木种群的树高、胸径并砍伐标准木, 挖根系, 求算生物量<sup>[1]</sup>, 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 m × 2 m, 草本层按 0.5 m × 0.5 m 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 °C 烘干至恒重, 冷却后经粉碎机磨成粉末, 过 60 号筛贮于试剂瓶中待测. 土壤样品采样分三层, 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. 甜槠群落各组分样品及土壤样品的钾、钠采用原子吸收分光光度法 WFX-IB 型原子吸收分光光度计测定<sup>[2]</sup>. 叶面积指数用剪纸衡重法测定.

表 2 甜槠群落各组分 K、Na 含量

Tab. 2 The concentrations of K and Na in the different fractions of *Castanopsis eyrei* community (% dw)

组分	K	Na
叶	0.734	0.013
幼枝	0.780	0.012
多年生枝	0.466	0.009
枯枝	0.185	0.008
树材	0.101	0.008
树皮	0.291	0.009
灌木	0.654	0.010
草本	0.796	0.011
粗根	0.228	0.009
中根	0.360	0.010
细根	0.427	0.012
枯根	0.127	0.011

## 3 结果和讨论

### 3.1 甜槠群落的钾、钠含量

甜槠群落各组分的钾、钠含量见表 2, 可以看出, 甜槠群落中灌木和草本的钾、钠含量较高. 除灌木和草本外, 甜槠本身含钾量最高的是幼枝, 为 0.780%, 其次是叶, 为 0.734%, 而树材的含钾量最低, 为 0.101%; 含钠量最高的是叶, 为 0.013%, 其次是幼枝和细根, 为 0.012%, 树材的含钠量也是最低, 为 0.008%; 甜槠群落各组分的钾含量均大于钠含量. 特别指出的是山地森林与海滩红树林的显著区别之一是前者植物体含钠量较低, 甜槠群落各组分的钠含量在 0.008%~0.013% 之间, 均属于低含量范围.

### 3.2 甜槠群落钾、钠的库存量及其分布

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 K、Na 的库存量及其分布(表 3)。

表 3 甜槠群落 K、Na 元素的库存量

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

组分	K	占总量(%)	Na	占总量(%)
叶	9.480	11.43	0.168	4.78
幼枝	1.487	1.79	0.023	0.65
多年生枝	19.303	23.27	0.373	10.62
枯枝	0.790	0.95	0.034	0.97
树材	26.520	31.98	2.101	59.82
树皮	7.259	8.75	0.225	6.41
灌木	1.580	1.91	0.024	0.68
草本	0.291	0.35	0.004	0.11
地上部合计	66.710	80.44	2.952	84.05
粗根	7.498	9.04	0.296	8.43
中根	3.004	3.62	0.083	2.36
细根	5.394	6.50	0.152	4.33
枯根	0.330	0.40	0.029	0.83
地下部合计	16.226	19.56	0.560	15.95
总和	82.936	100.00	3.512	100.00

从表 3 甜槠群落各组分 K 元素的库存量来看, 树干 > 枝 > 根 > 叶 > 灌木 > 草本, 而各组分 Na 元素的库存量大小顺序是树干 > 根 > 枝 > 叶 > 灌木 > 草本. 甜槠群落的 K、Na 现存总库存量分别为 82.936 g/m<sup>2</sup> 和 3.512 g/m<sup>2</sup>; 其中地上部 K、Na 库存量分别为 66.710 g/m<sup>2</sup> (占总库存量的 80.44%) 和 2.952 g/m<sup>2</sup> (占 84.05%), 地下部分别为 16.226 g/m<sup>2</sup> (占 19.56%) 和 0.560 g/m<sup>2</sup> (占 15.95%). 在甜槠群落中, 乔木层含有生物量 K、Na 的绝大部分, 只有 3% 以下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 K 元素的库存量为 82.936 g/m<sup>2</sup>, 与广东流溪河水库的常绿阔叶林的 89.11 g/m<sup>2</sup><sup>[3]</sup> 相近(其中甜槠群落的生物量 40 728.1 g/m<sup>2</sup> 与广东流溪河水库的常绿阔叶林的生物量 40 604 g/m<sup>2</sup> 相近), 明显高于广东流溪河水库的马尾松林的 49.96 g/m<sup>2</sup><sup>[3]</sup> 和武夷山黄山松群落的 35.876 g/m<sup>2</sup><sup>[4]</sup>; 甜槠群落 Na 元素的现存库存量 3.512 g/m<sup>2</sup>, 高于当地黄山松群落的 2.637 g/m<sup>2</sup><sup>[4]</sup>. 武夷山甜槠群落 K 与 Na 的现存库存量为 24 1, 武夷山黄山松群落为 14 1, 可以说明, 山地森林群落 Na 元素的含量及库存量很低。

### 3.3 甜槠群落中钾、钠的生物循环

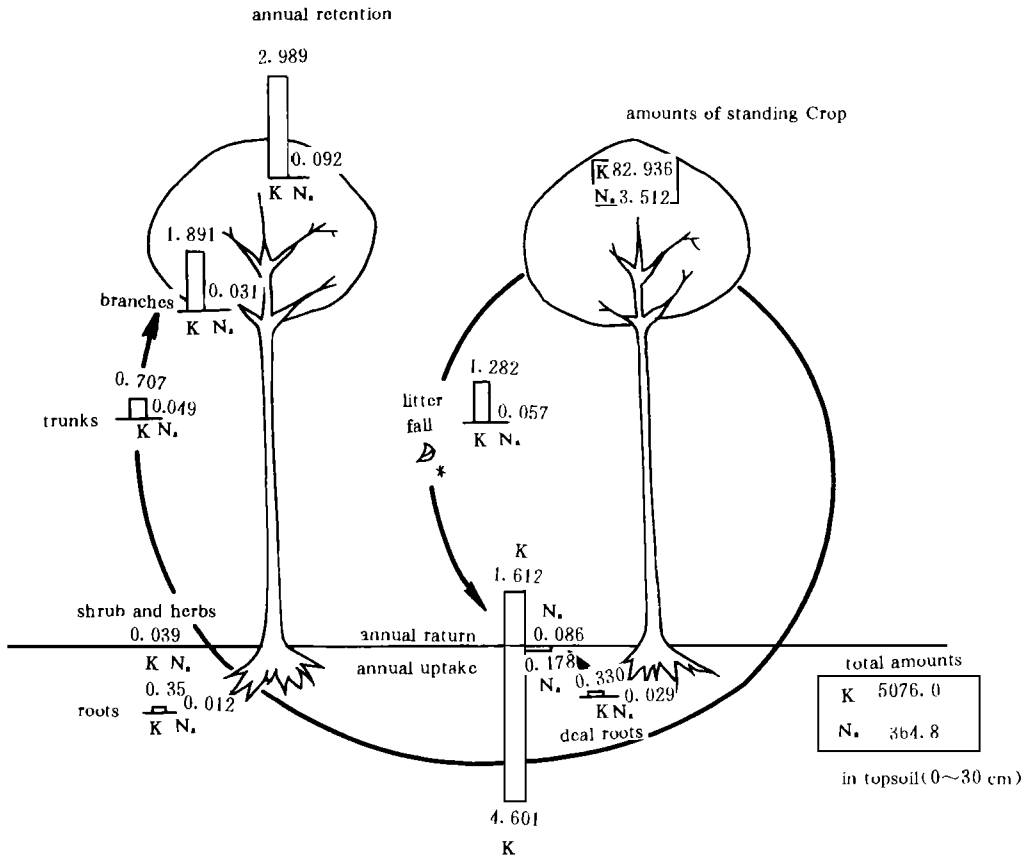


图1 武夷山 51 龄甜槠群落 K、Na 的年循环(1992) ( $g/m^2 \cdot a$ )

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

a) 群落钾、钠的年存留量 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 K、Na 元素的年存留量, 见图 1.

由图 1 看出, 甜槠群落的年存留量, 钾为  $2.989 g/m^2 \cdot a$ , 钠为  $0.092 g/m^2 \cdot a$ ; 对于 K 元素存留量来看, 枝的年存留量最大, 为  $1.891 g/m^2 \cdot a$ , 占总量的 63.26%, 其次为树干  $0.707 g/m^2 \cdot a$  (占 23.65%), 再其次为根  $0.352 g/m^2 \cdot a$  (占 11.78%), 林下灌木和草本的年存留量很小. 对于 Na 元素存留量来看, 树干的年存留量最大, 为  $0.049 g/m^2 \cdot a$ , 占总量的 53.26%, 其次为枝  $0.031 g/m^2 \cdot a$  (占 33.69%), 再其次为根  $0.012 g/m^2 \cdot a$  (13.04%), 林下灌木和草本的年存留量极低.

b) 群落钾、钠的年归还量 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, 年归还量钾为  $1.612 g/m^2 \cdot a$ , 钠为  $0.086 g/m^2 \cdot a$ , 见图 1.

c) 群落钾、钠的年吸收量 年吸收量为年存留量与年归还量之和<sup>[5]</sup>, 依此计算得出甜槠群落 K、Na 的年吸收量分别为  $4.601 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和  $0.178 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ 。表 4 列出黄山松群落与甜槠群落进行比较。

表 4 2 种森林群落存留、归还和吸收的比较

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

地区	森林类型	年龄 (年)	钾				钠			
			存留	归还	吸收	归还 吸收	存留	归还	吸收	归还 吸收
武夷山	甜槠群落	51	2.989	1.612	4.601	0.35	0.092	0.086	0.178	0.48
武夷山	黄山松群落	29	1.569	0.661	2.230	0.30	0.100	0.036	0.136	0.26

从表 4 可以看出, 中亚热带武夷山 51 龄的甜槠群落与 29 龄的黄山松群落钾、钠两元素的存留量都大于归还量, 归还量占吸收量的比例都在 50% 以下。同时还可看出, 中亚热带武夷山的酸性土壤上, 钠的循环周转较为节省。

2) 甜槠群落钾、钠的循环系数

a) K、Na 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 K、Na 的周转期分别为 65 年、62 年, 钾的周转比钠慢。与其它森林群落钾的周转期相比, 武夷山甜槠群落 K 的周转期 65 年, 低于巴拿马河岸林的 93 年<sup>[6]</sup>, 波多黎各山地森林的 84 年<sup>[6]</sup>, 而高于巴拿马热带雨林的 37 年<sup>[6]</sup>、塞内加尔干性金合欢林的 57 年<sup>[6]</sup>、中亚热带武夷山黄山松群落的 55 年<sup>[4]</sup>; 与黄山松群落钠的周转期相比, 甜槠群落钠的周转期 62 年, 低于黄山群落的 75 年<sup>[4]</sup>。由此可见, 钾、钠元素周转期的高低是随着森林类型的不同而不同。

b) K、Na 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>[7]</sup>。武夷山甜槠群落生物量钾、钠的平均浓度分别为 0.204% (82.936/40728.1) 和 0.009% (3.512/40728.1); 而 1992 年甜槠群落净生产量中钾、钠的平均浓度分别为 0.309% [(2.989 + 1.282) / 1381.6] 和 0.011% [(0.092 + 0.057) / 1381.6], 从而计算出甜槠群落 K 的富集率为 1.515, Na 的富集率为 1.222, K、Na 的富集率都大于 1, 说明了甜槠群落的 K、

表 5 甜槠群落各组分 K、Na 的流动系数

Tab. 5 The movement coefficients of K and Na in *Castanopsis eyrei* community

项 目	K	Na
元素现存量(g/m <sup>2</sup> )	82.936	3.512
年吸收量(g/m <sup>2</sup> ·a)	4.601	0.178
年归还量(g/m <sup>2</sup> ·a)	1.612	0.086
表土含量(g/m <sup>2</sup> )	5076.0	364.8
吸收系数 <sup>1)</sup>	0.0009	0.0005
利用系数 <sup>2)</sup>	0.055	0.051
循环系数 <sup>3)</sup>	0.350	0.483

- 1) 吸收系数: 单位时间、单位面积植被所吸收的某元素的量与土壤 (0~30 cm) 为计算单位中相应元素总量之比
- 2) 利用系数: 单位时间、单位面积植被所吸收的某元素的量与存在于群落现存量中相应元素总量之比
- 3) 循环系数: 单位时间、单位面积植被归还生境的某元素的量与相应的吸收量之比

Na 仍在不断地吸收累积.

c) K、Na 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<sup>3)</sup>. 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 的吸收系数看, K、Na 的吸收系数均在 1% 以下, 由此可知生态系统中的营养元素主要贮存于土壤组分中, 对于整个系统而言, 由土壤每年进入植物体的营养元素, 相对于土壤中营养元素的贮存量而言是很小的. Na 的循环系数大于 K.

## 参 考 文 献

- 1 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
- 2 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: 177 ~ 366
- 3 管东生. 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, 北京: 科学出版社, 1989: 123 ~ 134
- 4 林鹏, 林益明, 李振基等. 福建武夷山黄山松群落的钾、钠累积与循环. 武夷科学, 1997, 13: 287 ~ 293
- 5 T sutsumi 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: 177 ~ 180
- 6 Golley F B (李文华译). 热带森林的生产量和矿质循环. 植物生态学译丛, 北京: 科学出版社, 1982: 124 ~ 134
- 7 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 K and Na Elements in *Castanopsis eyrei* Community in Wuyi Mountains

Lin Yiming Lin Peng Li Zhenji Yang Zhiwei

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

Liu Chudian Wan Jiashe

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

### Abstract

This paper deals mainly with the accumulation and biological cycle of K and Na elements of 51-year-old *Castanopsis eyrei* community at Xianfengling in Wuyi Mountains. The main results of the measurement were as follows: 1) The amounts of K and Na in the standing crop of this community were 82.936 g/m<sup>2</sup> and 3.512 g/m<sup>2</sup>, in which the amounts of the two elements in the biomass of aboveground were 66.710 g/m<sup>2</sup> for K and 2.952 g/m<sup>2</sup> for Na, and in the biomass of underground were 16.226 g/m<sup>2</sup> for K and 0.560 g/m<sup>2</sup> for Na, respectively. 2) In biological cycle of K and Na of this stand, the annual values of the vegetation mineral uptake were 4.601 g/m<sup>2</sup> · a for K and 0.178 g/m<sup>2</sup> · a for Na, of its retention were 1.612 g/m<sup>2</sup> · a for K and 0.086 g/m<sup>2</sup> · a for Na, respectively. 3) The turnover periods of K and Na were 65 and 62 years respectively.

### Key words

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