

福建武夷山黄山松群落的钾、钠累积与循环*

林 鹏 林益明 李振基 杨志伟

(厦门大学生物系, 厦门361005)

刘初钿 金昌善

(武夷山自然保护区管理局, 武夷山354315)

摘要 本文主要讨论武夷山黄山松群落的钾、钠累积和循环。测定结果表明: (1) 群落现存量中钾、钠的库量分别为 $35.876\text{g}/\text{m}^2$ 和 $2.637\text{g}/\text{m}^2$, 其中地上部分为 $19.944\text{g}/\text{m}^2$ (占总库量的55.59%) 和 $1.817\text{g}/\text{m}^2$ (占68.90%); 地下部分为 $15.932\text{g}/\text{m}^2$ (占44.41%) 和 $0.820\text{g}/\text{m}^2$ (占31.10%); (2) 在钾、钠的生物循环中, 年吸收量分别为 $2.230\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ 和 $0.136\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{a}$; 年存留量分别为 $2.230\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ 和 $0.036\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{a}$; (3) 钾的周转期55年, 钠的周转期75年, 钾的周转比钠快; (4) 钾的富集率为1.160, 说明该群落中林木仍在对钾吸收累积; 而钠的富集率为0.929, 说明了在该群落中林木对钠不再累积。

关键词 黄山松; 钾钠元素; 生物循环; 武夷山

黄山松 *Pinus taiwanensis* Hayata 为我国特有树种, 并为东部亚热带中山地区的代表群系之一, 是一种喜光常绿针叶树种, 具有耐寒、抗风、耐瘠薄土壤的特性, 是中山地区优良的造林树种。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 (Na^+), K 元素是 Na^+ 的增效剂。因此, 我们对中亚热带武夷山黄山松群落的 K、Na 元素的累积和循环进行了研究, 为该生态系统的功能、以及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

黄山松群落的实验地设在距武夷山保护区管理局11km 处的桐木关西侧, 纬度 $27^{\circ}47'N$, 经度 $117^{\circ}42'E$, 海拔1300m 左右。气候为典型的亚热带季风气候。群落结构简单, 分层明显, 一般具乔、灌、草三层, 草本种类和数量都不多。乔木层林冠一般高9m, 最高12m, 主要是黄山松, 并有少量的木荷 *Schima superba* Gardn. et Champ.、甜槠 *Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch; 下木层有肿节少穗竹 *Oligostachyum oedegonatum* (Z. P. Wang et G. H. Ye) Q. E. Zheng et K. F. Huang、马银花 *Rhododendron ovatum* Planch.、江南山柳 *Clethra cavaleriei* Levl.、细齿柃木 *Eurya loquaina* Dunn. 等; 草本层有扁穗莎草 *Cyperus compressus* Linn.、双蝴蝶 *Tripteris affine* (Wall.) H. Sm; 林缘有蕨 *Pteridium aquilinum* (Linn.) Kuhn. var. *latiusculum* (Desv.) Underw 等。林冠郁闭度0.8, 平均密度19.3株/100m², 平均胸径11.67cm, 叶面积指数2.9。土壤为山地黄壤, 土层厚90cm。表土层多细根, 上覆盖枯枝落叶2—4cm。土壤理化性质见表1。

* 福建省自然科学基金及武夷山自然保护区的资助项目

表1 黄山松群落土壤的理化特性

土层深度 (cm)	pH	容重 (g/cm ³)	全 K ⁽¹⁾		全 Na ⁽¹⁾	
			(%)	(g/m ²)	(%)	(g/m ²)
0—30	4.20	0.715	0.856	1836.12	0.073	156.59
30—60	4.50	0.885	1.171	3106.35	0.250	663.75
60—90	5.0	1.035	1.367	4244.34	0.155	481.28
总和				9186.79		1301.62

(1) K, Na 均为元素含量

2 材料和方法

在黄山松群落内测定3个10m×10m样方内树木的树高、胸径并砍伐标准木,然后分别求得树干材、树皮、幼枝、多年生枝、枯枝、叶、果、根、灌木、草本等样品的生物量;并采得分析样品100—500g,待测。鲜样60℃烘干,经粉碎机研成粉末,过60号筛后贮于试剂瓶中备用。凋落物的收集采用收集箱法,每十天收集一次,分出叶、枝(大枝、小枝)、花、果。称重烘干后合并全年逐月统计。

土壤样品分层采样,风干,磨碎,过10号筛贮存待测。

样品的钾、钠测定采用干灰化法,灰分经5ml 5%盐酸溶液溶解后,先用0.1MEDTA—2钠盐测定后,再用原子吸收分光光度法;土壤样品的钾、钠测定采用铂钳锅高氯酸—氢氟酸处理后,用原子吸收分光光度法,所用仪器为北京第二光学仪器厂制造的WFX—IB型原子吸收分光光度计。土壤容重用旧启辉器改制的一定体积的容器来测定。

3 结果和讨论

3.1 黄山松群落各组分的钾、钠含量及其分布

黄山松群落各组分的钾、钠含量测定结果见表2。

表2 黄山松群落各组分的钾、钠含量 (%)

组分	K	Na
叶	0.487	0.010
幼枝	0.573	0.019
多年生枝	0.058	0.09
枯枝	0.024	0.011
果	0.172	0.016
树材	0.067	0.012
树皮	0.066	0.010
灌木	0.502	0.024
草本	0.619	0.015
粗根	0.236	0.014
中根	0.543	0.017
细根	0.433	0.019
枯根	0.208	0.016

从表2可以看出, K、Na 在黄山松群落各组分的分布是不同。因为各种器官或组织具有不

同的生理功能, 需求和贮存的元素含量就各不相同。黄山松群落各组分钾的含量是钠含量的5—50倍。在黄山松群落各组分(除灌木和草本外)中, 钠含量在幼枝和细根中含量最高, 为0.019%; 其次为中根、果、枯根, 而叶的含量却不高, 仅为0.010%; 最低为多年生枝, 为0.009%。与沿海滩涂上的红树林不同, 陆生森林的钠含量很低。

3.2 黄山松群落 K、Na 的库量

营养元素在植物部分的积累, 首先取决于植物体各部分的生物量, 一般而言, 组分的生物量大, 其营养元素的库量也大。

经计算, 黄山松群落 K、Na 的现存库量分配见表3。

表3 黄山松群落钾、钠的库存量

组分	现存生物量 (g/m ²) ⁽¹⁾	K (g/m ²)	%	Na (g/m ²)	%
叶	320.9	1.563	4.36	0.032	1.21
幼枝	71.1	0.407	1.13	0.014	0.53
多年生枝	2013.9	1.168	3.26	0.181	6.86
枯枝	593.0	0.142	0.40	0.065	2.46
果	6.9	0.12	0.03	0.001	0.04
树材	7546.7	5.506	14.09	0.906	34.36
树皮	938.4	0.619	1.73	0.094	3.56
灌木	2184.2	10.965	30.56	0.524	19.87
草本	2.0	0.012	0.03	M	M
地上部合计	13677.1	19.944	55.59	1.817	68.90
粗根	4130.8	9.749	27.17	0.578	21.92
中根	430.9	2.340	6.52	0.073	2.77
细根	885.8	3.836	10.69	0.168	2.77
枯根	3.4	0.007	0.02	0.001	0.04
地下部合计	5450.9	15.932	44.41	0.820	31.10
总和	19128.0	35.876	100.00	2.637	100.00

注: "M" 表示微量, (1) 生物量资料引自文献(林益明等, 1995)。

从表3看出, K、Na 在植物部分的积累, 乔木层分别占69.41%和80.13%, 起主要作用。但是, 灌木层和草本层的钾、钠含量比乔木层高, 而且草本层养分周转期短, 在生态系统营养元素的循环中, 灌木和草本是一个不容忽视的因素。

黄山松群落(1993年) K、Na 的库量分别为35.876g/m²和2.637g/m²; 其中地上部分为19.944g/m²(占55.59%) 和1.817g/m²(占68.90%); 地下部分分别为15.932g/m²(占44.41%) 和0.820g/m²(占31.10%); 各组分间的大小顺序为: K: 灌木>粗根>树材>细根>中根>叶>多年生枝>树皮>幼枝>枯枝>果=草本>枯根; Na: 树材>粗根>灌木>多年生枝>细根>树皮>中根>枯枝>叶>幼枝>果=枯根>草本。

与其它森林群落相比, 黄山松群落 K 库量为35.876g/m², 低于广东流溪河水库的马尾松林的49.96g/m², 而与广东流溪河水库的毛竹林的38.5g/m²和比利时橡树林的34.2g/m²相近。

黄山松群落 Na 元素的库量为2.637g/m², 与北京人工刺槐林的2.41g/m²相近, 且都较低,

说明陆生森林群落 Na 含量及库存量也很低。

3.3 黄山松群落凋落物的 K、Na 含量及库量

森林凋落物是森林生物系统中生物营养循环的重要环节之一，分析其营养元素含量及其动态变化，对于森林生态系统功能的认识是十分必要的。武夷山桐木关于黄山松群落1993年1月至1993年12月凋落物各组分的 K、Na 含量见表4。

表4 黄山松群落凋落物的钾、钠含量 (%)

组分	元素	月份												平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
叶	K	0.125	0.119	0.126	0.180	0.274	0.483	0.160	0.271	0.397	0.324	0.195	0.196	0.238
	Na	0.006	0.009	0.012	0.009	0.013	0.018	0.011	0.012	0.0011	0.014	0.012	0.010	0.011
花	K	M	M	M	M	0.314	0.272	0.016	0.081	M	M	M	M	0.193
	Na	M	M	M	M	0.018	0.030	0.012	0.009	M	M	M	M	0.017
果	K									0.042		0.171		0.106
	Na									0.012		0.017		0.014
大枝	K	0.061			M	M					M		0.040	0.050
	Na	0.006			M	M					M		0.006	0.006
小枝	K	0.068	0.074	0.043	0.040	0.075	0.203	0.059	0.067	0.059	0.180	0.076	0.049	0.083
	Na	0.005	0.009	0.009	0.005	0.007	0.022	0.009	0.008	0.007	0.016	0.014	0.010	0.009
总凋落物	K	0.111	0.115	0.111	0.150	0.243	0.347	0.129	0.198	0.380	0.322	0.194	0.184	0.207
	Na	0.006	0.009	0.011	0.008	0.012	0.020	0.010	0.011	0.010	0.014	0.012	0.010	0.011

注：M 表示微量

从表4看出，钾的含量在凋落物各组分中是叶>花>果>小枝>大枝；而钠是花>果>叶>小枝>大枝；元素的这种含量分布是各个元素在不同器官的生理作用相关。K 元素在植物体内的功能是促进光合作用的酶活化、促进果实中糖的积累，所以在花、叶、果含量高。而 K 元素是 Na⁺的增效剂，所以 Na 元素同样在花、叶、果含量高。

凋落物各组分 K、Na 含量的全年变化，都具有一定的波动性。总凋落物的 K、Na 最高含量在生长季节的夏季6月，而最低为冬季的1月份。

经计算，元素通过凋落物的年归还量为钾0.654g/m².a、钠0.035g/m².a。这些元素以有机碎屑的形式归还给生态系统，在生态系统的物质循环中具有重要的意义。

3.4 黄山松群落钾、钠的生物循环

3.4.1 钾、钠的生物循环 元素的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。据1993年黄山松群落的干物质各组分净增长量与相应各组分的元素含量的乘积之和而得出 K、Na 的年存留量 (表5) 分别为1.569g/m².a 和0.100g/m².a。

表5 黄山松群落 K、Na 的年存留量 (g/m²·a)

组分	生产量 (g/m ²)	K	Na
幼枝	71.1	0.407	0.014
多年生枝	69.3	0.040	0.006
树皮	32.3	0.021	0.003
树材	259.8	0.174	0.031
根	187.6	0.548	0.028
灌木	75.2	0.378	0.018
草本	0.1	0.001	M
总计	695.4	1.569	0.100

注: "M" 表示微量

年归还量是指通过凋落物和枯根在一年内归还给土壤的元素的重量。黄山松群落 K、Na 的年归还量中凋落物中 K、Na 分别为 0.654g/m²·a 和 0.035g/m²·a, 加上死根归还量 0.007g/m²·a 和 0.001g/m²·a 即为 0.661g/m²·a 和 0.036g/m²·a。年吸收量为年存留量与年归还量之和, 分别为 2.230g/m²·a 和 0.136g/m²·a。

3.4.2 黄山松群落钾、钠的循环系数

3.4.2.1 钾、钠的周转期 某一元素的周转期是以某元素在现存量中的储存量与每年凋落物中相应元素库量的比率。黄山松群落中钾的周转期为 55 年, 钠的周转期为 75 年, 钾的周转比钠快。

3.4.2.2 钾、钠的富集率 富集率是指净初级生产量中元素的平均浓度与群落现存生物量中对应元素的平均浓度的比值。黄山松群落 1993 年净初级生产量中钾的平均浓度为 0.218%, 群落生物量中钾的平均浓度为 0.188%, 因此, 钾的富集率为 1.160, 大于 1, 说明了该群落仍在吸收累积钾; 1993 年净初级生产量中钠的浓度为 0.013%, 群落生物量中钠的平均浓度为 0.014%, 钠的富集率为 0.929, 小于 1, 说明了该群落林木不再累积钠。

3.4.2.3 钾、钠的流动系数 可以从元素的吸收量、归还量、现存量以及表土中该元素库量之间的关系求出吸收系数、利用系数和循环系数。K 的利用系数和循环系数大于 Na (表 6)。从钾、钠的吸收系数看, 它们均大于 1%。由此可见, 生态系统中营养元素主要贮存于土壤组分中。对整个系统而言, 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。

表6 黄山松群落钾、钠的流动系数

项目	K	Na
元素现存量 (g/m ²)	35.876	2.637
年吸收量 (g/m ²)	2.230	0.136
年归还量 (g/m ²)	0.661	0.036
表土库量 (g/m ²)	1836.12	156.59
吸收系数 ¹⁾	0.0012	0.0009
利用系数 ²⁾	0.0622	0.0516
循环系数 ³⁾	0.2964	0.2647

1) 吸收系数 = 年吸收量 / 表土库量; 2) 利用系数 = 年吸收量 / 元素现存量; 3) 循环系数 = 年归还量 / 年吸收量

3.4.2.4 钾、钠的迁移 根据《中国土壤》推算元素迁移的公式求出黄山松群落的钾、

钠的生物吸收、分解和归还的比率(表7)。钾的生物分解率很高,这是因为钾易于运动且极易渗透丢失而造成的。这个结果与广东流溪河水库的马尾松林研究一致。

表7 黄山松群落、钠的迁移与生物循环

项目	K	Na
鲜叶的化学组成(%)	0.487	0.010
凋落物的化学组成(%)	0.202	0.011
残留物有化学组成(%)	0.055	0.009
表土的化学组成(%)	0.856	0.073
生物吸收率(%) ¹⁾	57	14
生物分解率(%) ²⁾	885	111
生物归还率(%) ³⁾	6	12

1) 生物吸收率=鲜叶化学组成/表土化学组成×100%; 2) 生物分解率=鲜叶化学组成/残留物化学组成×100%;

3) 生物归还率=残留物化学组成/表土化学组成×100%;

参 考 文 献

- 中国科学院南京土壤研究所. 1974. 中国土壤. 499—622.
- 中国科学院南京土壤研究所. 1978. 土壤理化分析. 上海科学技术出版社, 177—366.
- 林益明, 林鹏, 李振基等. 1995. 武夷山黄山松群落的生物量和生产力. 福建省科学技术协会第二届青年学术年会论文集, 福建科学技术出版社, 542—545.
- 陈佐忠译. 1982. 森林生态系统中营养元素的积累与循环. 植物生态学译丛, 科学出版社, 1, 72—95.
- 陈灵芝, 孔繁志, 缪有贵, 胡肆慧, 陈清朗, 鲍显诚. 1988. 北京人工刺槐林化学元素含量特征. 植物生态学与地植物学学报, 12 (4): 245—254.
- 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, 科学出版社1, 72—95.
- 管东生, 1989. 流溪河水库林区森林生态系统养分的研究. 科学出版社5, 123—134.
- Woodwell, G. M., Whittaker, R. H., and Houghton, R. A., 1975, Nutrient concentration in plant in Brookhaven Oakpine forest. Ecology, 56 (2): 318—332.

ACCUMULATION AND BIOLOGICAL CYCLE OF K AND Na ELEMENTS IN *PINUS TAIWANENSIS* COMMUNITY IN WUYI MOUNTAINS

Lin Peng Lin Yi-ming Li Zhen-ji Yang Zhi-wei

(Department of Biology, Xiamen University, Xiamen, 361005)

Liu Chu-dian Jin Chang-shan

(The Administrative Bureau of the Wuyishan National Nature Reserve, Wuyishan, 354315)

Abstract This paper is a part of studies of forest ecosystem in Wuyi mountains of Fujian Province. It deals mainly with the accumulation and biological cycle of K and Na elements of 29-year-old *Pinus taiwanensis* community.

The main results of the measurements were as follows:

(1) The amounts of K and Na elements in standing crop of this community were 35.876 g/m² and 2.637 g/m² in which the amounts of two elements in above ground biomass were 19.944 g/m² for K and 1.817 g/m² for Na, and that of underground biomass were 15.932 g/m² for K and 0.820 g/m² for Na, respectively.

(2) In biological cycle of K and Na of this stand, the annual values of the vegetation mineral uptake were 2.230 g/m².a for K and 0.136 g/m².a of r Na, of its retention were 1.569 g/m².a for K and 0.100g/m².a for Na and of its return were 0.661 g/m².a for K and 0.036 g/m².a for Na, respectively.

(3) The turnover period of K (55 years) was faster than that of Na (75 years).

(4) The enrichment ratio of K (1.160) was larger than 1, it demonstrated that K was still being accumulated in this community; The enrichment ratio of Na (0.929) was lower than 1, it demonstrated that Na was not accumulated.

Key words *Pinus taiwanensis* community; biological cycle; K and Na element accumulation; Wuyi mountains.