

鼎湖山南亚热带地区植物的叶片矿质元素*

林植芳 李双顺 孙谷畴 王伟 林桂珠

(中国科学院华南植物研究所, 广州)

詹姆士·阿勒林格 克列斯托夫·费尔德

(美国犹他大学生物系)

(美国华盛顿卡内基研究所)

摘 要

本文分析了64种植物叶片中19种矿质元素的含量, 讨论了不同生活型植物对矿质元素的吸收和积累的影响。研究表明: 64种植物叶片的19种矿质元素的频数分布呈对数正态分布。不同植被型及生活型, 子叶数及光合途径对叶片矿质元素含量和组成有显著的影响。密林植物含较多P和Mg, 有较高的微量元素/大量元素比; 疏林植物含较多Al和Mn; 木本型植物缺Mo; 草本型植物积累较多的K、Ca、Si、Mg、P和Ti。草本中的双子叶植物平均矿质元素总量高于单子叶, 尤以Ca与B较为明显。单子叶中的C₄植物叶片含较多的Na。

关键词: 亚热带地区, 植物叶片, 矿物元素。

叶片是有机物合成的场所, 是代谢活动最活跃的器官, 其元素组成和含量可以反映不同种群、不同基因型植物代谢的类型, 包括对矿质元素选择吸收与积累的特点。国内也有关于一些地区和植被类型的化学元素研究的报道^[1-4], 但从生理生态学的观点进行研究的仍少见。本文主要分析了三个植被(密林、疏林、开阔地)中共64种植物叶片的19种矿质元素含量, 讨论了种性, 生活型、植被组成对矿质元素吸收和积累的影响。为植物营养的基本生理生态学研究提供大量的系统分析数据。

一、材料和方法

植物材料 成熟叶片取自三个不同地点的代表种类。(1)密林, 为南亚热带常绿阔叶季雨林, 其中种类繁多, 结构层次复杂, 覆盖度大。试验共分析17种植物, 包括乔木7种, 灌木及木质藤本6种, 草本(包括蕨类)4种。(2)疏林, 曾受人为干扰而形成的针-阔混交林, 植物种类及覆盖度较小。分析了乔木2种, 灌木3种, 草本类2种。(3)开阔地, 森林破坏后开辟为苗圃地及建筑物用地, 其附近的荒地上分布各种草本植物40种, 其中双子叶12种, 单子叶28种。

分析方法 叶片于60℃烘干, 研磨过40目筛。湿法消化, 各种矿质元素组成于美国加州大学洛杉矶分校生物医学及环境科学实验室以发射光谱仪进行分析, 每个样品重复三次。叶片的P及土壤中的P和N含量用常规的凯氏定氮及钼蓝定磷法, 以原子吸收光谱法分析土壤中的金属元素含量。

* 本研究受美国-中国合作科学基金NO.INT-8219379的资助,
本文于1987年10月4日收到。

二、结果和讨论

将所有试验植物中的19种元素含量分别统计制作概率曲线图，确定其频数分布类型皆为对数正态分布，即各种微量元素浓度与其相对累积频数成一曲线，而浓度的对数与累积频数呈线性关系。图1是大量元素Ca和微量元素Mn的分布概率曲线图。

根据不同植被类型、生活型、子叶数和光合作用碳固定途径的差别对叶片分析数据进行归纳分析，进一步从下述三方面阐述所得的结果。

1. 叶片的矿质元素含量与植被类型及生活型的关系 (mineral elements content and life form)

不同生活型植物叶片中矿质元素的含量和组成比例有一定的差异，反映了其对矿质元素吸收累积的不同自我调节能力。表1可见乔木型的5种大量元素及14种微量元素的总量略高

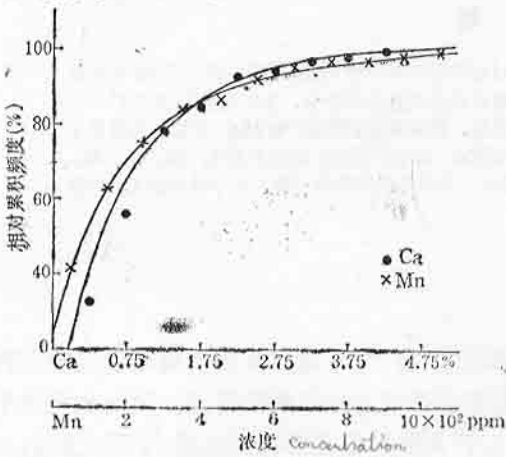


图1 Ca和Mn的分布概率曲线图

Fig.1 The curves of probability distribution of Ca and Mn

2. 矿质元素组成与植被及生活型的关系 (composition of mineral elements and life form)

K, Ca, Si是叶片19种元素中含量最高的大量元素，P与Mg的含量相对低得多(图2)。乔木和灌木型之间大量元素的差别主要在Mg和P含量上，灌木型含低P和高Mg。草本型含高K和Si。三种生活型叶片的含Si量为草本>乔木>灌木，这可能与叶片受光程度不同有关。强光下生长的植物通常有较坚实、角度较小的叶片，而Si具有增大细胞壁硬度的作用。草本型多生长于开阔地，乔木又处于森林的上部冠层，叶片受光照较强，其组织的机械强度较大。

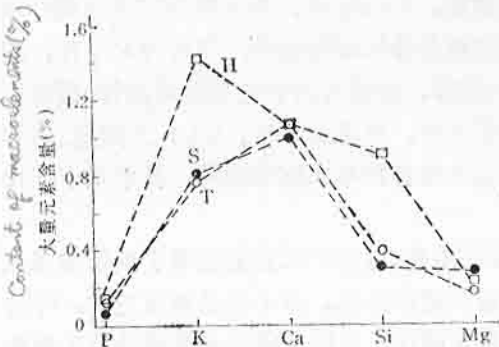


图2 大量元素组成与生活型的关系

Fig. 2 The composition of macroelements in relation to different life form

H—草本 herbs; S—灌木 shrubs; T—乔木 trees

表1 植物的生活型对叶片矿质元素含量的影响

生活型	大量元素 (%)	微量元素 (ppm)	总矿物质量 (%)	微/大	
	macro-	micro-	total	micro/macro	
T 乔木	2.536	1956	2.732	0.077	
S 灌木	2.498	1210	2.619	0.048	
H 草本	双子叶 dicot	4.409	2118	4.621	0.048
	单子叶 monocot	3.724	1538	3.878	0.039
	平均 average	3.808	1758	3.984	0.046

于灌木型，且微量元素/大量元素比也高。草本植物对矿质元素的富集能力最强，尤以双子叶草本植物的矿质元素含量最高，比单子叶草本高19%。

表2是叶片中微量元素组成的比较。14种微量元素中以Al、Na、Fe、Mn为多，Cu、Sr、Pb、Cd和Ni的含量较低且在不同生活型植物间差异甚小。Mo只发现于多数草本植物

中。乔木型的叶片含较多的Al和Na, 灌木型含较多的Mn, 草本植物含高Al和Ti, 低B。Olsen曾报道P可刺激Mo的摄取, 过量的Mn能导致Mo的失调^[6]。本文中, 草本植物含P比木本植物高430—810ppm, 含Mn比木本类少83—238ppm, 由此认为鼎湖山南亚热带木本植物缺Mo可用其低P和高Mn含量加以解释。

表2 叶片的微量元素组成与生活型的关系

Table 2 The composition of microelements in relation to different life forms

生活型	Al	Na	Fe	Mn	Ti	Zn	B	Cu	Ba	Sr	Pb	Cd	Ni	Mo
T 乔木	435	959	163	247	18.2	27.7	37.8	14.3	22.0	10.7	12.5	3.1	0.7	—
S 灌木	205	354	132	397	13.0	22.3	25.7	9.7	21.9	13.3	13.1	2.0	1.2	—
H 草本	637	427	333	169	50.5	31.0	17.8	13.5	36.7	20.2	16.9	3.0	1.6	0.9

草本型中的单子叶和双子叶植物的矿质元素各成分的含量有显著的差别(表3)。单子叶植物含较多Si和P, 双子叶则含较多Ca、Mg、Al和B, 这与Loneragan等认为双子叶植物对Ca有较高的需要的观点相一致^[6]。

3. 几种元素之间的比率与植物生活型的关系 (ratio of several macro/micro elements and life form)

植物体内各种元素之间由于相互拮抗和协同作用而往往维持一定的比率, 以调节其代谢过程的平衡。Al和P、Ca间的吸收积累有一定的关系, 高Al对植物具有毒性, 而P及Ca可降低Al的毒性。表4列举了大量元素Ca、P、Si与微量元素Al、Mn的比率。结果表明灌木类的P+Ca/Al最高, 乔木次之, 草本最低。这主要由于灌木类含较低的Al, 较高的Ca与P之故。可见, 在相似的土壤条件中生长的灌木类植物表现较强的耐Al性。Si与Mn, Ca与Mn之间也有拮抗作用^[7-8]。表4中还可看出, Si/Mn或Ca/Mn都以灌木类最低, 草本类最高, 反映了三种生活型植物的耐Mn性顺序是草本>乔木>灌木。

若将单子叶草本植物按其光合作用CO₂固定途径区分为C₃及C₄两类, 发现C₄植物含Na414ppm, 含K13103ppm, 而C₃植物含Na和K分别为355及15068ppm, 故C₄植物的K/Na低于C₃植物。这进一步支持了C₄植物对Na有较高需要的观点^[9]。然而, 关于双子叶对高Ca, C₄植物对高Na需要的生理生态意义仍不清楚。

表3 双子叶与单子叶草本植物矿质元素组成的比较 (ppm)

Table 4 The comparison in composition of mineral elements between monocot and dicot

种类	双子叶	单子叶	种类	双子叶	单子叶
K	15125	13712	Ti	48	52
Ca	17657	7504	Zn	36.7	29.3
Si	5760	11346	B	32.3	6.3
Mg	3359	1634	Cu	10.8	16.2
P	2095	3048	Ba	44.2	29.5
Al	901	477	Si	30.3	12.9
Na	469	395	Pb	21.5	14.8
Fe	377	308	Cd	4.2	2.4
Mn	140	193	Ni	2.9	1.4
Mo	0.6	1.3			

表4 几种大量元素与微量元素的比率与生活型及光合途径的关系

Table 4 The ratio of macro/micro elements in relation to life form and photosynthetic pathway

种类	K/Na	Ca+P/Al	Si/Mn	Ca/Mn
T 木本	8.0	27.2	15.7	42.9
S 灌木	22.8	52.6	8.1	25.6
H 草本	33.4	19.3	54.5	64.1
dicot 双子叶	77.6	40.7	27.2	153.1
monocot 单子叶 C ₃	42.4	30.4	56.6	62.9
C ₄	31.6	12.8	36.9	27.9

此外，个别植物种类中某些元素有异常的含量，如水蓼叶含Mn高达2.28%，车前草含很高的Ca(9.75%)、Na(3.4%)、Al(1.69%)、Ti(950ppm)、Fe(4250ppm)。叶下珠、水蓼、岭南山竹子叶片含Pb各为57、54及42ppm。车前草是具清热作用的草药，其矿质元素组成和高含量对其疗效的影响值得进一步研究。含Pb高的种类则可考虑作为清除Pb污染的净化植物资源。

参 考 文 献

- [1] 王景华, 1987, 《海南岛土壤和植物中的化学元素》。科学出版社, 第77—111页
- [2] 富德义, 黄锡畴, 朱颜明, 1981, 长白山高山苔原带植物中微量元素的研究。森林生态系统研究 2:147—157。中国科学院长白山生态系统定位站。
- [3] 富德义、吴敦虎、易富科, 1982, 三江平原沼泽几种主要植物中的微量元素。植物学报 24:593—597。
- [4] Ehleringer, J.R., C.B.Field, Z.F.Lin, C.Y.Kuo, 1986, Leaf carbon isotope ratio and mineral composition in subtropical plants along an irradiance cline. *Oecologia* 70:520—526.
- [5] Olsen, S.R., 1984, 微量营养元素的相互作用。〈农业中的微量营养元素〉, 中国农科院土壤肥料所编译, 第194—212页, 农业出版社。
- [6] Loncragan, J.F., K.Snowball, 1969, Calcium requirement of plants. *Aust. J. Agric. Res.* 20:465—478.
- [7] 谢尔巴科夫, A.П., 1959, 微量元素对乔木树种实生苗的生长和化学成分的影响。〈农业和医学中的微量元素〉, Я.Б.比伊维编, p503, 科学出版社。
- [8] Harst, W.J., H.Marschner, 1978, Effect of silicon on mangelise tolerance of bean plants. *Plant & Soil* 50:287—304.
- [9] Brownell, P.F., C.J.Crossland, 1972, The requirement for sodium by species having the C₄ dicarboxylic photosynthetic pathway. *Plant Physiol.* 49:794—797.

THE MINERAL ELEMENTS IN LEAVES OF PLANTS IN SOUTH SUBTROPICAL AREA OF MT. DINGHU SHAN

Lin Zhifang Li Shuangshun Sun Guchou Wang Wei Lin Guizhu
(*South China Institute of Botany, Academia Sinica*)

James Ehleringer Cristoph Field
(*University of Utah, USA*) (*Carnegie Institute of Washington, USA*)

19 kinds of mineral elements in 64 species are in a logarithmic normal distribution. The contents and composition of mineral elements depend upon the vegetation and life form, cotyledom number and photosynthetic pathway. More P and Mg and higher ratio of micro/macro elements were found in plants of close canopy while more Al and Mn in plants of intermediate canopy. There was no Mo found in leaves of woody plants. Herbs accumulated more K, Ca, Si, Mg, P and Ti. The average content of mineral elements, especially Ca and B, was higher in herbaceous dicot than in monocot. Among monocot species, plants having the C₄ pathway required more Na than C₃ plants.

The potential tolerance to Al and Mn, the characteristics of content and composition of mineral elements in relation to genotype and structural components of vegetation, and the possible effect of light availability were also discussed.

Key words: South subtropical area, leaves of plants, mineral elements.