

# 旱冬瓜体内 7 种矿质元素含量与立地土壤的相关性

和丽萍, 孟广涛\*, 李贵祥, 柴勇, 方向京, 张正海

(云南省林业科学院, 云南 昆明 650204)

**摘要:**采用原子吸收分光光度法和相关分析法对主要造林树种旱冬瓜体内各营养器官的 7 种矿质元素含量的分布规律、元素之间以及植物与立地土壤之间的相关性进行了研究。结果表明,旱冬瓜不同器官各元素含量有着显著的差异,K、Mg、Fe、Zn、Cu、Mn 在叶片中含量最多,Ca 在树皮中含量最高;大多数元素在树干中含量最低。旱冬瓜对 K、Ca、Mg、Zn、Cu 有较强的吸收富集能力,对土壤富集系数大小依次为  $Mg>Ca>Cu>K>Zn>Mn>Fe$ ,一般叶的富集系数最高。元素间和元素与立地土壤的相关分析表明,K、Mg、Mn、Fe、Cu 之间有显著的相关性,Ca 和 Mn 之间的相关性显著,除 Fe 元素外,植物体中 K、Mg、Mn、Zn、Cu 元素含量与土壤中元素含量关系相一致。

**关键词:**旱冬瓜;矿质元素;分布规律;富集系数;相关性

中图分类号:S792.150.6      文献标识码:A      文章编号:1001-7461(2008)02-0024-04

## Mineral Elements Distribution and Correlation in *Alnus nepalensis* and the Soil

HE Li-ping, MENG Guang-tao\*, LI Gui-xiang, CHAI Yong, FANG Xiang-jing, ZHANG Zheng-hai

(Yunnan Academy of Forestry, Kunming, Yunnan 650204, China)

**Abstract:** 7 mineral elements(K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn and Cu,) of *Alnus nepalensis* were determinate by atomic absorption spectrophotometer, the distribution characteristics and the accumulation index were also investigated by correlation analysis. The results showed that there existed significant differences in the contents of mineral elements in different organs. The contents of K, Mg, Fe, Zn, Cu, and Mn were higher in leaf and Ca was higher in barks. Majority mineral elements were lower in stem. The plant exhibited strong enrichment ability to K, Ca, Mg, Zn and Cu. The accumulation ratios in plants to those in soil were in an order of  $Mg>Ca>Cu>K>Zn>Mn>Fe$ . The accumulation coefficient of leaf was higher than other organs. There were significant correlation among K, Mg, Mn, Fe and Cu, and the correlation were statistically significant between K and Mg. Moreover, there existed significant correlation between the elements in soil and plant.

**Key words:** *Alnus nepalensis*; mineral element; concentration factor; correlation

旱冬瓜 (*Alnus nepalensis*) 为桦木科落叶乔木,在我国川、滇、桂、贵、藏等省区广泛分布。其生长快,木材无异味,质轻,是食品包装箱的好材料。根具有固氮菌,对山地土壤的改良有较好作用<sup>[1]</sup>,是值得推广的荒山绿化树种。叶为优质绿肥,树皮含单宁,可提炼烤胶。旱冬瓜味涩性平,具有清热解毒、舒筋络、祛风湿、止泻、接骨的功效;用于治疗麻

疹、刀伤出血、毒疮初起、感冒、头痛风湿关节痛、水肿等症<sup>[2-3]</sup>。是云南省重要用材树种,也是用以营建生态、用材、药材等多功能林的优良树种。不少学者对该树种的生物学、生态学及生药学特征进行了大量、深入的研究工作<sup>[4-12]</sup>。但关于旱冬瓜体内矿质元素的吸收、累积及物质循环研究,迄今未见报道。本文研究了旱冬瓜体内 7 种矿质元素的分布规律、

收稿日期:2007-06-12 修回日期:2007-08-21  
基金项目:国家“十一五”科技攻关天然林保育恢复与可持续经营技术研究(2006BAD03A04);西南山区退化天然林恢复与经营技术试验示范(2006BAD03A10)。  
作者简介:和丽萍(1972-),女,云南丽江人,助理研究员,主要从事森林生态及森林植物学研究。  
\* 通讯作者:孟广涛(1969-),男,云南昆明人,副研究员,主要从事森林生态和水土保持研究。

元素之间以及植物与土壤之间的相互关系,为旱冬瓜进行荒山绿化造林及多功能开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

2003 年 8 月在研究区域分别随机采集 6 a 生旱冬瓜的树叶、树枝、树皮、树干和树根,同时随机收集林下表层 0~30 cm 的混合土壤样品。

### 1.2 分析方法

植物样品采集后带回室内,用自来水洗去灰尘,然后用去离子水冲洗,先将鲜样在 80℃~90℃鼓风干燥箱中烘 15~30 min,然后降温至 65℃,逐尽水分,用 FX102 型植物粉碎机磨成粉末过 100 目尼龙筛,混合均匀待测;土壤样品烘干后碾碎过 100 目尼龙筛,混合均匀待测。样品经浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>—H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮,用火焰光度计测定 K 含量;经 HNO<sub>3</sub><sup>-</sup>—HClO<sub>4</sub>—HF 微波消解后,用原子吸收分光光度计测定 Ca、Mg、Mn、Fe、Zn、Cu 元素含量。同时用去离子水做空白对照。

## 2 结果与分析

### 2.1 旱冬瓜不同器官和生境土壤中矿质元素含量

植物体各器官和表层土壤(0~30 cm)K、Ca、

Mg、Mn、Fe、Zn、Cu 元素的含量如表 1 所示。对旱冬瓜体内不同器官元素含量的分析结果见表 1。比较植物不同元素含量可发现,不同元素在各器官的含量存在明显差异。其中,以 K 的含量为最高,其次为 Ca、Mg,在植物各器官中的含量一般大于 400 mg·kg<sup>-1</sup>,土壤中含量也在 400 mg·kg<sup>-1</sup>以上,Fe 的含量也较高,在 100 mg·kg<sup>-1</sup>以上,对植物来说,这些元素是生长发育所必需的元素,对植株不会造成伤害。各器官中含量最少的是 Cu,它在土壤中的含量也最少。从表 1 可知,旱冬瓜不同器官 K、Ca、Mg、Mn、Fe、Zn、Cu 元素的含量范围分别为 1 131.26~5 109.14、592.69~3 969.63、401.07~1 144.23、7.28~181.67、119.76~350.90、76.18~129.07、3.42~16.78 mg·kg<sup>-1</sup>。平均值分别为 2 222.35、2 184.00、716.30、77.10、201.31、104.93、6.78 mg·kg<sup>-1</sup>。各含量关系为 K>Ca>Mg>Fe>Zn>Mn>Cu。土壤中 7 种元素的含量关系为 Fe>K>Ca>Mg>Zn>Mn>Cu,由此可见,除 Fe 元素外,植物体中 K、Mg、Mn、Zn、Cu 元素含量与土壤中元素含量关系相一致。值得注意的是该研究区域土壤中 Fe 的含量高达 27 417.15 mg·kg<sup>-1</sup>,这可能与该区域土壤的成土母质多为石灰岩和玄武岩有关。

表 1 旱冬瓜各器官及生境土壤中元素含量  
Table 1 The elements contents in *A. nepalensis* and soil mg·kg<sup>-1</sup>

组分	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu
叶	5 109.14	2 874.07	1 144.23	181.67	350.90	129.07	16.78
枝	1 324.23	2 452.36	557.54	46.02	186.37	76.18	3.97
皮	2 109.01	3 969.63	853.38	138.66	187.18	102.37	5.82
干	1 113.26	1 031.25	401.07	7.28	119.76	93.09	3.94
根	1 456.12	592.69	625.27	11.84	162.36	123.92	3.42
土壤	5 892.23	1 569.02	456.18	364.17	27 417.15	391.58	5.00

### 2.2 旱冬瓜不同器官矿质元素的分布规律

由图 1、图 2 可发现,不同器官及部位矿质元素的分布很不均匀,其含量有明显差异分布。元素在植物体各器官分布的差异,一方面受各器官代谢水平和生理活动的影响,另一方面与元素本身的迁移、转化等特性有关。从植物各器官看,K、Mg、Mn、Fe、Zn、Cu 在叶中均为最高,Ca 在皮中最高,并且 Ca、Mg、Cu 的含量超过了土壤中的含量。不同元素在各器官中分布的顺序为:K:叶>皮>根>枝>干;Ca:皮>叶>枝>干>根;Mg:叶>皮>根>枝>干;Mn:叶>皮>枝>根>干;Fe:叶>皮>枝>

根>干;Zn:叶>根>皮>干>枝;Cu:叶>皮>枝>干>根。从总体水平看,新陈代谢旺盛的叶和皮中各元素的含量都较高,而支持和输导组织发达的干、枝和根中的含量少。

### 2.3 旱冬瓜对土壤中元素含量的富集系数

植物对土壤元素的吸收富集能力可以用富集系数(或称吸收系数或累积系数)来表示<sup>[13]</sup>:

$E_f$ (富集系数) =  $P_e$ (植物体内某种元素的浓度)/ $S_e$ (土壤中该元素的浓度)。

植物对土壤元素的吸收富集能力与植物对元素的需求量有关,也与土壤中该元素的含量及存在形

态等有关,而元素的存在形态因不同因素而不同。本文仅对在目前生境综合条件下,旱冬瓜各器官元素对土壤中该元素含量的富集系数。从表 2 可知,旱冬瓜各器官对 K、Ca、Mg、Zn、Cu 元素的富集系数接近 1 或大于 1,表明植物体对这些元素有较强的吸收富集能力。从各器官富集的情况看,除 Ca

是皮的富集系数最大外,其余元素是叶的富集系数最大,这与各元素在旱冬瓜体内的分布规律相一致。从表中还可看出,由于该研究区域土壤中的 Fe 含量过高,使得旱冬瓜体内 Fe 元素的富集系数偏低。另外,从各器官富集情况来看,基本表现为叶>皮>根>枝>干。

表 2 旱冬瓜各器官元素对土壤元素的富集系数  
Table 2 Accumulation index of *A. nepalensis* to soil

组分	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu
叶	0.867	1.832	2.509	0.499	0.013	0.330	3.355
枝	0.225	1.563	1.222	0.126	0.007	0.195	0.793
皮	0.358	2.530	1.871	0.381	0.007	0.261	1.164
干	0.189	0.657	0.879	0.020	0.004	0.238	0.787
根	0.247	0.378	1.371	0.032	0.006	0.316	0.685
平均	0.377	1.392	1.570	0.212	0.008	0.268	1.357

2.4 旱冬瓜对土壤中元素的相关关系

从表 3 可以清楚的看出,K 和 Mg、Mn、Fe、Cu 有较好的相关性,相关系数分别为 0.929 7、0.862 8、0.973 0、0.992 8;Ca 和 Mn 之间的相关性

数较大;Mg 和 K、Mn、Fe、Cu 的相关性较大;Mn 和 K、Ca、Mg、Fe、Cu 的相关性较大;Fe 和 K、Mg、Mn、Cu 的相关性较大;Cu 和 K、Mg、Mn、Fe 的相关性较大。

表 3 旱冬瓜元素间相关矩阵  
Table 3 Correlation matrix of elements in *A. nepalensis*

	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu
K	1						
Ca	0.4432	1					
Mg	0.9297 **	0.6306	1				
Mn	0.8628 *	0.8245 *	0.9441 **	1			
Fe	0.9730 **	0.4741	0.9203 **	0.8466 *	1		
Zn	0.6508	-0.1012	0.6532	0.4127	0.5584	1	
Cu	0.9928 **	0.4182	0.8848 **	0.8361 *	0.9607 **	0.5944	1

\* \*  $P \leq 0.05$  \*  $P \leq 0.01$

3 结论与讨论

不同元素在旱冬瓜各器官的含量存在明显差异,K、Mg、Mn、Fe、Zn、Cu 在叶中含量均为最高,Ca 在皮中含量最高,并且 Ca、Mg、Cu 的含量超过了土壤中的含量。土壤中 7 种元素的含量关系为 Fe>K>Ca>Mg>Zn>Mn>Cu。经分析,除 Fe 元素外,植物体中 K、Mg、Mn、Zn、Cu 元素含量与土壤中元素含量关系相一致。

旱冬瓜各器官对 K、Ca、Mg、Zn、Cu 元素有较强的吸收富集能力,植物体对这些元素的富集系数都接近 1 或大于 1,而这些元素又是植物体生长发育所必需的元素。除皮对 Ca 的富集系数最大外,其余元素是叶的富集系数最大,这与各元素在旱冬瓜体内的分布规律相一致。另外,从各器官对 7 种

元素的富集情况来看,基本表现为叶>皮>根>枝>干。

该研究区域土壤中 Fe 元素的含量高达 27 417.15 mg·kg<sup>-1</sup>,但旱冬瓜体内各器官 Fe 的含量并不太高,这可能与植物体的选择吸收有关。这方面的作用机理有待进一步的研究。

所分析的 7 种元素中,K、Mg、Fe、Cu 之间具有显著的相关性,而 Ca 和 Mn 之间的相关系数较大。除 Fe 外,各元素与土壤中元素含量关系相一致。

参考文献:

[1] 冯国楣. 云南绿化造林手册[M]. 昆明:云南人民出版社,1984.  
[2] 江苏新医学院. 中药大辞典下册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1977:2464.  
[3] 《全国中草药汇编》编写组. 全国中草药汇编下册[M]. 北京:

人民卫生出版社, 1990:777.

[4] 苏文华,张光飞,庞慧仙,等.光照条件对旱冬瓜种子萌发和幼苗生长的影响[J].云南林业科技,2003(2):8-10.

[5] 代玉梅,曹军,唐晓萌,等.高黎贡山旱冬瓜 *Frankia* 的 IGS PC-RFCP 分析[J].应用生态学报,2004,15(2):186-190.

[6] 杨礼攀,叶其炎,杨树华,等.磷矿开采废弃地旱冬瓜群落特征及对植被恢复的讨论[J].云南大学学报:自然科学版, 2004, 26 (增刊): 234-237.

[7] 田长城,周守标,蒋学龙.黑长臂猿栖息地旱冬瓜和潺槁木姜子种群分布格局和动态[J].应用生态学报,2006, 17( 2):167-170.

[8] 唐小萌,代玉梅,熊智,等.自然环境胁迫对旱冬瓜 *Frankia* 菌基因多样性的影响[J].应用生态学报, 2003,14(10) :1 743-1 746.

[9] 熊智,李文军,张忠泽,等.海拔对旱冬瓜共生固氮放线菌基因多样性的影响[J].西南林学院学报, 2001,21(4):205-209.

[10] 刘爱荣,吴德友,李立俊.旱冬瓜(*Alnus nepalensis*)天然林阻

火功能的初步研究[J].森林防火,1996(1):11-13.

[11] 沈立新.喜马拉雅地区山地旱冬瓜轮歇与间作系统研究[J].中国生态农业学报,2003 ,11(1) :148-149.

[12] 李文军,唐自明,朱成兰,等.傣药旱冬瓜的生药学研究[J].云南中医中药杂志, 1999,20(4) :23-24.

[13] 上官铁梁,张红,席玉英,等.珍稀濒危植物矮牡丹体内矿质元素的研究[J].植物研究,2001,21(2):262-265.

[14] 余博,马养民,孔阳,等.杆柳茎化学成分的研究[J].西北林学院学报,2005,20(3):145-146.

[15] 孙凡,钟章成.重庆缙云山四川大头茶常绿阔叶林重金属元素的累积与生物循环[J].中国环境科学, 1998, 18 (2): 111 - 116.

[16] 李国胜,樊金拴.巴山冷杉化学成分初步研究[J].西北林学院学报,2005,20(3):142-144.

[17] 王杨科,耿会玲,江海.红腹锦鸡卵蛋白质和卵壳矿质元素含量测定[J].西北林学院学报,2006,21(6):73-76.

(上接第 20 页)

### 4 结论与讨论

厚英相思人工林 1.5~4.5 a 生林分乔木层生物量分别为 10.64、28.70、42.15 t·hm<sup>-2</sup>和 76.23 t·hm<sup>-2</sup>,随林分年龄的增大而逐步积累,其中经济生物量即干材(去皮)分别为 2.86、10.40、18.60 t·hm<sup>-2</sup>和 35.93 t·hm<sup>-2</sup>。厚英相思人工林林下植被比较丰富,其生物量随林分年龄的增加而增大;其中死地被物层和灌木层生物量随林分年龄的增加呈明显增大的趋势,而草本层生物量则呈现先升高(1.5~2.5 a)后下降(2.5~4.5 a)的变化趋势。可见,厚英相思人工林生态系统的自肥能力也随林分年龄的增大而增强,也更有利于林木的生长发育。

厚英相思人工林分乔木层净生产力分别为 7.093、11.480、12.042 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>和 16.940 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>,随林木生长过程而增大。表明 4.5 a 生厚英相思林未达到成熟,还应加强抚育管理,才能充分地合理利用林地生产力。随林分年龄的增大,不同器官净生产力及其分配的变化趋势存在明显的差异,干材、干皮和枯枝的净生产力呈现明显的增长趋势,与林分净生产力的变化趋势相一致;活枝、根莖和粗根的变化幅度较小;而树叶、中根和细根则呈现一定程度上的下降趋势。表明随着林分年龄的增加,厚英相思各器官的生物量组成发生变化,逐步由树叶、干皮等转移到干材上,因而有利于经济效益的提高,但厚英相思人工林成熟期和合理采伐期的确定,还有待于进一步的研究。

### 参考文献:

[1] 潘志刚,吕鹏信,杨民权,等.5 种热带相思 3 年种源试验初报[J].林业科学研究,1988,1(5): 553-559.

[2] 方发之,林资贵,尤甫逸.马占相思、厚英相思良种选育技术研究[J].热带林业,2006,34(3):27-30.

[3] 韦增建,丘小军,莫钊志.相思类树种种质资源收集保存研究[J].广西林业科学,1996,25(4):181-188,205.

[4] 韩金发.厚英相思对风沙地土壤性状的改良[J].福建林学院学报,2001,21(3):253-256.

[5] 丁国昌,马钟丽,林思祖,等.厚英相思玻璃化苗细胞超微结构的变化[J].福建林学院学报,2007,27(1):40-43.

[6] 秦武明,韦建晓,余浩光,等.厚英相思组培苗造林的生长状况和效益分析[J].西北林学院学报,2007,22(4):100-102.

[7] 苏金德.滨海砂地厚英相思人工林生长特性研究[J].防护林科技,2000(4):1-3.

[8] 韩金发.风沙地引种厚英相思的生长情况与土壤性状的关系[J].水土保持研究,2001,8(2):27-29.

[9] 吴锡麟.厚英相思木麻黄混交林分结构和生物量的研究[J].福建林学院学报,2003,23(3):236-239.

[10] 张清海,叶功富,林益明,等.福建东山县赤山滨海砂地厚英相思林与湿地松林生物量和能量的研究[J].厦门大学学报:自然科学版,2005,44(1):123-127.

[11] 秦武明,何斌,覃世赢.厚英相思人工林营养元素生物循环的研究[J].水土保持学报,2007,21(4):103-107.

[12] 钟继洪,李淑仪,蓝佩玲,等.刚果桉人工林营养元素生物循环研究[J].水土保持学报,2004,18(6):45-50.

[13] 吴守蓉,杨惠强,洪蓉,等.马尾松林生物量及其结构的研究[J].福建林业科技,1999,26(1):18-21.

[14] 马祥庆,范少辉,陈绍栓,等.杉木人工林连作生物生产力的研究[J].林业科学,2003,39(3):78-83.

[15] 秦武明,何斌,余浩光,等.马占相思人工林不同年龄阶段的生物生产力[J].东北林业大学学报,2007,35(1):22-24.

[16] 张琼,洪伟,吴承祯,等.不同桉树人工林生物量与生产力的比较分析[J].福建林学院学报,2006,26(3):218-223.