

文章编号: 1001-411X(2002)02-0058-04

几种林木植物体及枯落物的微量元素分析

曾曙才, 谢正生, 陈北光

(华南农业大学林学院, 广东 广州 510642)

摘要: 分析了杉木、马尾松、火炬松和青冈栎 4 种林木叶、小枝和细根中 B、Mo、Cu、Zn、Fe、Mn 6 种微量营养元素的含量以及林下枯落物中这些元素的含量和贮量。结果表明, 各树种枝叶中的 B 含量不足, Mn 的含量则远高于正常值, 其他元素及根中各元素含量正常。各微量元素在树叶和小枝中的含量顺序是 $Mn > Fe > Zn > B > Cu > Mo$, 在根中的含量顺序是 $Fe > Mn > Zn > Cu > B > Mo$ 。火炬松对微量元素的吸收能力强于其他树种。枯落物中微量元素含量顺序为阔叶林 > 杉木林 > 火炬松林 > 马尾松林; 总贮量顺序为马尾松林 > 火炬松林 > 青冈栎林 > 杉木林。

关键词: 林木; 枝; 叶; 根; 枯落物; 微量元素

中图分类号: Q945

文献标识码: A

B、Mo、Cu、Zn、Fe 和 Mn 等是植物生长不可缺少的微量养分元素。这些微量元素在植物体内含量过高会对植物产生毒害作用, 过低则抑制植物的正常生长^[1]。林业生产上严重缺乏微量元素的现象比较少见, 潜在性缺乏则较多, 且容易被忽略。

通过分析不同林木叶、枝、根等器官中各微量元素含量, 可以了解不同树种对土壤微量元素的吸收强度和 demand 状况。有时树叶分析还可以作为土壤营养诊断的参考依据。枯落物则是微量元素在森林生态系统中实现循环的重要载体。分析枯落物中的微量元素含量、贮量、分解状况等, 对了解森林生态系统中微量养分的循环和富集状况、人工林营养管理有一定参考意义。

1 材料与方法

样品采自江西省景德镇市枫树山林场的人工林, 包括杉木林、马尾松林、火炬松林和青冈栎林。在各林分中选取 3 株平均木, 在各平均木的中上部采集小枝和针叶(或叶片)。在离树干 2/3 树冠投影处挖掘细根。在平均木附近收集 1 m² 内枯落物, 称质量, 并取少量样品供测定含水量和养分含量。所有样品带回室内用清水和去离子水洗净, 杀青之后在 65℃ 烘干至恒质量。用不锈钢粉碎机碾碎并通过 1 mm 尼龙网筛, 混合均匀, 装袋, 放于干燥器中。B 的含量用干灰化法、HCl 溶样、姜黄素比色法测定; Mo、Cu、Zn、Fe、Mn 用硝酸-高氯酸消化, 美国 Varian AA-1475 原子吸收分光光度计测定^[2]。

2 结果与讨论

2.1 林木叶、枝和根中的微量元素含量

2.1.1 林木叶中微量元素含量 叶是树木生理生化活动最旺盛的器官之一。人们常常试图用它的营养元素含量作为植物和土壤营养诊断的参考依据。树叶中各微量元素含量见表 1。植物中 B 含量正常范围为 20~100 mg·kg⁻¹^[3]。本次研究的几种林木叶中 B 的含量范围为 12.4~28.8 mg·kg⁻¹, 多属缺乏。其中, 马尾松含 B 量最高, 火炬松最低。

植物中 Mo 的含量一般在 0.1~0.5 mg·kg⁻¹ 之间, 低于 0.1 mg·kg⁻¹ 为缺乏, 但一般难于达到中毒水平, 因植物对 Mo 的容纳能力很强^[3]。几种树叶中 Mo 的范围在 0.289~0.524 mg·kg⁻¹ 之间, 平均含量为 0.414 mg·kg⁻¹, 均属于正常范围。火炬松针叶中含 Mo 最高, 杉木次之, 马尾松最低。

植物中 Cu 的含量通常在 5~20 mg·kg⁻¹ 之间, 低于 5 mg·kg⁻¹ 为不足, 高于 20 mg·kg⁻¹ 则过量^[3]。各树种叶中 Cu 的含量基本属于正常范围。

植物中的 Zn 多在 25~150 mg·kg⁻¹ 之间。低于 20 mg·kg⁻¹ 为不足, 高于 400 mg·kg⁻¹ 往往会出现毒害作用^[3]。Zn 在 4 种林木叶中的含量均处于正常范围, 平均为 50.13 mg·kg⁻¹。火炬松针叶中 Zn 含量最高, 杉木、马尾松和青冈栎含 Zn 量接近。

林木叶中 Fe 的含量较高, 平均达 345 mg·kg⁻¹, 青冈栎叶片中最高, 为 637 mg·kg⁻¹, 火炬松针叶中 Fe 的含量也较高, 马尾松和杉木针叶含 Fe 量较低。

植物含 Mn 在 20~500 mg·kg⁻¹ 范围内均属正

常^[3]. Mn 在林木叶片中含量很高, 含量范围在 597 ~ 977 mg[°]kg⁻¹之间, 平均达 789 mg[°]kg⁻¹, 远高于一般植物的正常值上限. 各树种中, 杉木叶含 Mn 最低, 似乎难以看出其对 Mn 的富集作用^[4].

各微量元素在树叶中的含量顺序为 Mn > Fe > Zn > B > Cu > Mo, 这与该地区土壤中各微量元素有效量的含量顺序基本一致^[5].

叶中微量元素的含量顺序反映了叶对不同元素的选择性吸收的特性. 另外, 不同树种叶中微量元素

含量有一定差异, 反映出不同树种对元素的选择性吸收^[6]. 总体来看, 火炬松针叶中的微量元素含量高于其他树种.

4 个树种中 6 个元素的含量的离散程度顺序为 Fe > Mn > Zn > Cu > B > Mo, 基本符合含量高、离散度高的规律. 相对离散程度顺序为 Cu > Fe > B > Zn > Mo > Mn, 与元素含量顺序有较大差异. 其中, Fe 的含量高, 其标准差、变异系数均较大, Cu 的变异系数也大, 说明不同树种对 Fe、Cu 的吸收有较强的选择力.

表 1 林木各器官中微量元素含量

Tab. 1 Contents of microelements in needles/leaves twigs and fine roots of forest trees (mg[°]kg⁻¹)

器官 organ	树种 tree	B	Mo	Cu	Zn	Fe	Mn
叶 needles/ leaves	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	16.9	0.481	6.9	44.0	215	597
	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	28.8	0.289	4.9	42.4	221	941
	火炬松 <i>Pinus taeda</i>	12.4	0.524	21.1	74.0	307	977
	青冈栎 <i>Quercus glauca</i>	17.1	0.363	8.6	40.1	637	640
	平均值 average	18.8	0.414	10.4	50.1	345	789
	标准差 standard deviation	7.011	0.108	7.308	15.997	199.2	197.9
	变异系数 coefficient of variation	0.373	0.260	0.704	0.319	0.577	0.251
	小枝 twigs	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	16.7	0.565	4.2	41.1	188
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>		30.0	0.673	8.0	63.0	391	415
火炬松 <i>Pinus taeda</i>		19.8	0.759	17.7	90.7	532	557
青冈栎 <i>Quercus glauca</i>		14.1	0.253	8.0	48.6	349	781
平均值 average		20.2	0.563	9.5	60.9	365	583
标准差 standard deviation		6.968	0.221	5.769	21.877	141.6	150.7
变异系数 coefficient of variation		0.346	0.393	0.609	0.360	0.388	0.258
根 fine roots		杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	48.4	0.355	9.5	39.6	1373
	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	53.9	0.671	35.6	59.7	895	144
	火炬松 <i>Pinus taeda</i>	21.1	0.487	5.3	57.2	1027	279
	青冈栎 <i>Quercus glauca</i>	18.4	0.706	5.5	55.4	716	161
	平均值 average	35.5	0.555	14.0	53.0	1003	212
	标准差 standard deviation	18.301	0.164	14.546	9.089	277.8	68.8
	变异系数 coefficient of variation	0.516	0.296	1.041	0.172	0.277	0.325

2.1.2 林木小枝中的微量元素状况 小枝是微量养分的重要贮存库, 不同树种各微量元素在小枝中的含量不同. 小枝中 B 的平均含量为 20.2 mg[°]kg⁻¹, 除马尾松外, 均属不足. 小枝中 Mo 的含量范围为 0.253 ~ 0.759 mg[°]kg⁻¹, 处于正常水平. 小枝中 Cu、Zn 含量亦属正常. Fe 的含量较高, 平均为 365 mg[°]kg⁻¹. Mn 的含量除马尾松正常外, 其他树种均高于正常值上限. 就树种而论, 火炬松小枝中 Mo、Cu、Zn、Fe 含量在各树种中均为最高, B、Mn 含量也较高, 其叶中各元素含量也基本为最高, 显示火炬松对微量元素的强吸收作用.

小枝中各微量元素含量顺序为 Mn > Fe > Zn > B > Cu > Mo. 这与叶中各微量元素含量顺序是一致的. 另外, 各元素含量的离散程度顺序和相对离散程度顺序与叶不一致. 各元素中, Mn 的离散程度最高, Cu 的相对离散程度最大.

2.1.3 林木细根中微量元素状况 细根是营养元素的吸收器官, 分析其中各元素的含量, 可以了解根在一定时期内对营养元素的吸收情况. B 在根中的含量高于枝叶, 基本处于正常水平. Fe 的含量远高于枝叶中的含量, 而 Mn 则远低于枝叶中的含量, 处

于正常水平.这一现象可能主要与不同器官的吸收特性和生理功能相关.其他元素含量见表1.根中各元素的含量顺序为 $Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo$, 与叶和小枝中的顺序不完全一致. Fe 的离散程度在各元素中最大, Cu 的相对离散程度最大.结合枝叶中的情况,不难看出,不同树种对 Cu 、 Fe 、 Mn 有较强的选择性.

2.2 各部位中微量元素含量相互关系

植物不同部位对元素的吸收累积特性与自身生长需求密切相关.同一部位不同元素之间有时由于

拮抗或协同作用而相互促进或降低吸收量.通过相关分析可以大体反映出元素之间是否存在这种关系.若两元素之间呈显著或极显著正相关,则表明可能存在协同作用;若呈显著或极显著负相关则表明可能有拮抗作用.由 $n=4$ 时, $r_{0.05}=0.8114$, $r_{0.01}=0.9172$ 知,叶中的 $B-Mo$, 枝中的 $B-Mn$ 、 $Mo-Mn$, 根中的 $Mo-Fe$ 、 $Mo-Mn$ 、 $Zn-Fe$ 似存在拮抗作用,而叶中的 $Cu-Zn$, 枝中的 $Cu-Zn$ 、 $Cu-Fe$ 、 $Zn-Fe$ 似有协同效应(表2).具体的机理有待深入研究.

表2 叶、小枝和根中微量元素相关矩阵

Tab. 2 Correlation matrix of microelements in needles/leaves twigs and fine roots

元素 element	叶 leaf					小枝 twig					根 root				
	B	Mo	Cu	Zn	Fe	B	Mo	Cu	Zn	Fe	B	Mo	Cu	Zn	Fe
Mo	-0.880					0.624					-0.227				
Cu	-0.740	0.729				0.081	0.496				0.764	0.379			
Zn	-0.598	0.714	0.962			0.335	0.679	0.963			-0.303	0.789	0.373		
Fe	-0.298	-0.191	0.047	-0.218		0.306	0.428	0.936	0.940		0.482	-0.961	-0.146	-0.828	
Mn	0.225	-0.056	0.488	0.630	-0.377	-0.900	-0.850	-0.093	-0.354	-0.177	-0.185	-0.889	-0.614	-0.515	0.734

2.3 森林枯落物中的微量元素

2.3.1 枯落物中微量元素含量 林木吸收土壤中的营养元素,部分用于构成林木组织并最终随木材砍伐或种子采摘被带出林地;其余部分则随着凋落物返还林地,并在枯落物分解后重新回归土壤,实现植物营养元素的生物小循环.

不同的森林枯落物,各微量元素的含量水平是不同的(表3).在研究的4种林分中,马尾松林下枯落物的各微量元素含量(除 Mn 外)均为最低,火炬松枯落物中 Mo 、 Cu 、 Zn 、 Fe 含量为各类枯落物中的次最低.杉木林下枯落物中 Mo 、 Cu 、 Zn 、 Fe 含量为次最高.青冈栎林枯落物的 Mo 、 Cu 、 Zn 、 Fe 含量最高, B 为次最高.从微量元素含量和枯落物分解速度(阔叶

林枯落物最易于分解,杉木林次之,火炬松和马尾松枯落物均很难分解^[7])的角度来看,青冈栎林枯落物质量较高,杉木林次之,火炬松更低一些,马尾松最低.

2.3.2 枯落物中微量元素贮量 每公顷林地上森林枯落物的各元素贮量及6种元素总贮量见表3.总体来说,枯落物中各元素的贮量丰富,显示出枯落物在森林生态系统养分循环中的重要作用.几种林分中,马尾松林下枯落物由于分解慢,所以干物质量最多,贮存的6种微量养分总量也最大.火炬松林枯落物分解也比较缓慢,数量较多,所以贮量也较高.青冈栎林下枯落物分解迅速,养分释放快,所以贮存在枯落物层的微量养分低于马尾松和火炬松.但由于其养分含量较高,所以养分元素贮量仍大于杉木林.

表3 森林枯落物微量元素含量及贮量

Tab. 3 Contents and storages of microelements in litters of different plantations

林分 forest	含量 content/($mg \cdot kg^{-1}$)						贮量 reserves/($g \cdot hm^{-2}$)						
	B	Mo	Cu	Zn	Fe	Mn	B	Mo	Cu	Zn	Fe	Mn	合计 total
杉木林 Cunninghamia lanceolata	17.0	0.499	7.4	62.7	690	520	348.5	10.2	151.7	1285.4	14145.0	10660.0	26600.8
马尾松林 Pinus massoniana	15.1	0.407	5.4	47	219	1114	471.1	12.7	168.5	1466.4	6832.8	34756.8	43708.3
火炬松林 Pinus taeda	18.8	0.475	6.1	56.6	566	1022	396.7	10.0	128.7	1194.3	11942.6	21564.2	35236.5
青冈栎林 Quercus glauca	17.5	0.525	11.4	56.9	1356	738	267.8	8.0	174.4	870.6	20746.8	11291.4	33359.0

3 结论

各种种枝叶中的 B 含量低于一般植物正常值, Mn 远高于正常值上限, 其他元素及根中各元素均处于正常含量范围。

各微量元素在树叶和小枝中的含量顺序是 Mn > Fe > Zn > B > Cu > Mo; 在根中的含量顺序是 Fe > Mn > Zn > Cu > B > Mo。

不同树种对微量元素的吸收强度不一, 4 种林木中火炬松的吸收强度最大。

各元素含量的标准差和变异系数反映出不同树种对 Cu、Fe、Mn 具有较大差异的选择性吸收。

各部位中部分微量元素之间呈显著或极显著正相关或负相关, 显示这些元素之间似存在协同或拮抗作用。

枯落物中微量元素含量顺序为青冈栎林 > 杉木林 > 火炬松林 > 马尾松林。每公顷林地上枯落物中 6 种微量元素贮量顺序为马尾松林 > 火炬松林 > 青冈

栎林 > 杉木林。这与森林枯落物量及分解速率有关。

参考文献:

- [1] WILL G M. Influence of trace-element deficiencies on plantation forestry in New Zealand[J]. Forest Ecology and Management. 1990, 37: 1-6.
- [2] GB7884~7891-87. 森林土壤分析方法: 第八分册[S].
- [3] 中国科学院南京土壤研究所微量元素组. 土壤和植物中微量元素分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1979. 122-183.
- [4] 傅金和. 杉木林中的微量元素含量、积累和生物循环[J]. 中南林学院学报, 1989. (增刊): 76-84.
- [5] 俞元春, 曾曙才, 张焕朝, 等. 赣东北低山区森林土壤生态系统中的微量元素研究[J]. 江西科学, 1998, 16(2): 97-103.
- [6] 胡肆慧. 辽宁青城子矿区植物群落及植物和土壤元素含量的关系[J]. 植物学报, 1984, 26(4): 432-439.
- [7] 俞元春, 阮宏华. 苏南丘陵森林枯落物与养分归还研究[A]. 姜志林. 下蜀生态定位站森林生态系统论文集[C]. 北京: 中国林业出版社, 1992. 50-55.

Studies on the Microelements in Forest Trees and Their Litters

ZENG Shu-cai, XIE Zheng-sheng, CHEN Bei-guang

(College of Forestry, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: The contents of elements B, Mo, Cu, Zn, Fe and Mn were studied in needles/leaves, twigs and fine roots of Chinese fir, masson pine, loblolly pine and blue Japanese oak. The contents and storages of these elements in the litters of four plantations were analyzed. The results showed that element B in needles/leaves and twigs of the forest trees were deficient, that contents of Mn were highly above normal level, and that those of the rest elements in needles/leaves and twigs and all those in fine roots were normal. The order of contents of the six elements in needles/leaves and twigs was Mn > Fe > Zn > B > Cu > Mo, while the order was Fe > Mn > Zn > Cu > B > Mo in fine roots. It was found that loblolly pine had the highest capacity to take up micronutrients. The order of microelements contents in litters was blue Japanese oak plantation > Chinese fir plantation > loblolly pine plantation > masson pine plantation, and the order of the total amount of the six microelements was masson pine plantation > loblolly pine plantation > blue Japanese oak plantation > Chinese fir plantation.

Key words: forest trees; twigs; needles/leaves; fine roots; litters; microelements

【责任编辑 周志红】