

滇西南亚热带山地主要植被类型下土壤微量元素状况研究^{*}

赵筱青^{1,2}, 杨树华¹

(1. 云南大学 生态学与地植物学研究所, 昆明 650091; 2. 云南大学 资源环境与地球科学学院, 昆明 650091)

摘 要:以滇西南澜沧县为研究区,研究了滇西南亚热带多年生常绿阔叶林、思茅松林和 3 a 生人工桉树林土壤中微量元素 B、Cu、Zn、Fe、Mn 的有效含量、分布规律,以及相似生境条件下三种植被类型对土壤微量元素的消耗状况及在土壤剖面中的垂直分布规律。结果表明:(1)不同植被类型的土壤中,有效 Fe 含量较为丰富,远高于临界值;而有效 Zn、Mn、B 含量很低,低于临界值,该地区属于 Zn、Mn、B 缺乏区;在常绿阔叶林和思茅松林下土壤中有有效 Cu 的含量低于临界值,而在桉树林下土壤基本不缺 Cu;(2)不同植被类型林下土壤微量元素的有效量有较大差异。常绿阔叶林下土壤中有有效 Fe、Zn 的含量最高,有效 Mn 的含量最少;桉树林下土壤中有有效 Cu、Mn 的含量最多,有效 Zn 的含量最少;松树林下土壤中微量元素都不多,其中有效 Fe 的含量最少;三种植被类型下土壤都缺少有效 B 元素;(3)相比较而言,在相似生境条件下,桉树林对有效 Fe 元素的消耗大于常绿阔叶林和思茅松林,但三种植被土壤中都不缺有效 Fe;常绿阔叶林和思茅松林对有效 Zn、Cu 元素的消耗大于桉树林;常绿阔叶林对有效 Mn 的消耗大于桉树林,而桉树林对有效 Mn 的消耗大于思茅松林。且三种植被类型下土壤中都缺 Zn、Mn、B、Cu 微量元素;(4)各微量元素有效量在研究区土层中的分布规律因元素种类而异,少数元素与植被类型有关;在常绿阔叶林地中,随着土壤深度增加,有效 Fe、Mn 含量升高,有效 Zn 含量降低;而在生境条件相似的桉树林地中,随着土壤深度增加,有效 Fe、Mn 含量降低,其它元素则没有变化规律。在思茅松林地中,随着土壤深度增加,有效 Fe、Mn 含量降低;而在桉树林地中,随着土壤深度增加,有效 Fe、Mn 含量升高,其它元素则没有变化规律。

关键词:滇西南亚热带;不同植被类型;微量元素有效含量;分布规律

中图分类号:S153.61;S714.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2008)05-0140-05

Research on the Microelements in the Soil of the Main Vegetation Types in the Subtropical Mountainous Zone of Southwest Yunnan

ZHAO Xiao-qing^{1,2}, YANG Shu-hua¹

(1. Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China; 2. School of Resource Environment and the Earth, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: Choosing Lancang County as the research area, this paper studied the available content and the distribution regularity of the Microelements B, Cu, Zn, Fe and Mn in the forest of perennial evergreen broad-leaved forest, forest of *pinus kesiya* var. *langbianensis* and the man-made 3 a eucalyptus forest in the subtropical mountainous zone of southwest Yunnan. This paper also made research on the volume of the trace elements in the soil consumed by the three vegetation types in similar habitat condition and the vertical distribution regularity in the soil profile. The main conclusions are as follows: (1) In the soil of different vegetation types, the available content of Fe is above the critical level, but the available content of Zn, Mn and B is under the line. This area is lack of the elements of Zn, Mn and B. The available content of Cu in the soil of evergreen broad-leaved forest and forest of *pinus kesiya* var. *langbianensis* is below the critical level. However the soil in the eucalyptus forest is not lack of Cu. (2) There is a big difference in the available content of the microelements according to the soil of different vegetation types. The available content of Fe and Zn rank the first, and the available content of Mn is the lowest in the evergreen broad-leaved forest. The available content of Cu and Mn rank the first, and the available content of Zn is the lowest in the eucalyptus forest. All the microelements are more or less the same in the soil of pine forest with the lowest content of Fe. The available content of B is deficient in each vegetation type. (3) Comparatively the consumption of the available content of Fe in the

^{*} 收稿日期:2007-09-20

基金项目:云南省政府科技专项项目之部分成果(K1050469)

作者简介:赵筱青(1969-),女,云南大理人,副教授,在读博士生,主要从事景观分析与规划、土地利用规划、区域可持续发展等的教学与科研工作。E-mail: xqzhao@ynu.edu.cn

通信作者:杨树华(1951-),女,云南玉溪人,教授,博士生导师,主要从事景观生态学方面的研究。

eucalyptus forest is higher than the other two vegetations in the similar habitat condition, but available content of Fe is not deficient in each vegetation type. The consumption of Zn and Cu in the evergreen broad-leaved forest and forest of *pinus kesiya* var. *langbianensis* is higher than that in the eucalyptus forest. The consumption of Mn in the evergreen broad-leaved forest is higher than that in eucalyptus forest, and the consumption of Mn in the eucalyptus forest is higher than that in the forest of *pinus kesiya* var. *langbianensis*. The soil of all the three vegetations is lack of the microelements of Zn, Mn, B and Cu. (4) The distribution regularity of each microelement in the soil profile of the study area varies according to each element. The regularity of a few elements is related to the vegetation type. The available content of Fe and Mn is increasing with the depth of the soil in the evergreen broad-leaved forest, but the available content of Zn is decreasing. In the similar habitat condition of eucalyptus forest, the available content of Fe and Mn is decreasing with the depth of the soil. There is no evident regularity of other elements. The available content of Fe and Mn is decreasing with the depth of the soil of the forest of *pinus kesiya* var. *langbianensis*. The available content of Fe and Mn is increasing with the depth of the soil in the eucalyptus forest, and there is also no evident regularity of other elements.

Key words: subtropical zone of southwest Yunnan; different vegetation types; available content of the microelements; distribution regularity

不同植被类型下土壤生态系统的养分状况,国内外已有大量研究成果,但绝大部分局限于常量元素的研究,很少涉及微量元素状况。随着林地营养管理水平的提高,微量元素越来越引起人们的重视。澜沧县作为有代表性的云南省南亚热带湿润地区之一,区内不同植被类型下土壤生态系统中的微量元素,至今无人作过系统研究。该文探讨该地区主要植被类型下土壤生态系统微量元素的状况,以期为该地区土壤生态系统的微量元素营养管理及水土保持植被恢复模式选择时提供科学依据。

1 研究区概况

研究区选择在具有典型亚热带山地特点的云南省西南部的澜沧县(99°29' - 100°35' E, 22°01' - 23°16' N),光、热、水资源比较充足,全年最多日照 2 316 h,最少日照 1 940 h,光照充足,年降雨量 1 634 mm,年平均气温 19.4℃。地形以中山为主,最高海拔 2 516 m,最低海拔 580 m。土壤以赤红壤、红壤为主。植被种类随海拔高低有明显的分布差异,海拔 580~800 m 的澜沧江湿热河谷地区为地带性植被,主要是热带季雨林,热带植物丰富;800~1 700 m 之间的河谷盆地、低山丘陵一带为亚热带季风常绿阔叶林和以思茅松(*Pinuskhasya*)为代表的暖热性针叶林,常见的阔叶树种有栲类(*Castanopsis* spp.)、红木荷(*Schima wallichii*)等;海拔 1 700~2 516 m 属半湿润常绿阔叶林,常见的树种有滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)、元江栲(*Castanopsis orthacantha*)等植物和以云南松(*Pinus yunnanensis*)为代表的暖温性针叶林。

2 采样与测定方法

2.1 土壤样品采集与处理

土壤样品的采集分两种,一种是随机选择常绿阔叶林、思茅松林和 2003 年种植的桉树林;另一种是选择生境条件相似的常绿阔叶林、思茅松林和 2003 年种植的桉树林,在各植被类型下选择具有代表性地段,10 m×10 m 的样方,选取 3 株平均木,分别在离树干 2/3 树冠投影处挖掘土壤剖面,按 10~20 cm 和 30~40 cm 分层采集土样,分层混匀后取 30

g 土壤分析样品。样品带回室内在洁净环境中用白纸垫着风干,用塑料滚筒磨碎过尼龙网筛后供分析用。

2.2 土壤微量元素测定方法

用 M3 通用浸提剂法测定,其中 M3 浸提剂的配制是用 27.78 g NH₄F 溶于 120 ml 水中,加入 14.61 g EDTA,用高纯水定容至 200 ml,配成 NH₄F-EDTA 贮备液,贮于塑料瓶中保存。再配 M3 试剂,即用 20.0 g NH₄NO₃ 溶于约 500 ml 水中,加 4.0 ml NH₄F-EDTA 贮备液,再加 11.5 ml 冰醋酸(17.4 mol/L)和 0.82 ml 浓 HNO₃(15.8 mol/L),用高纯水定容至 1 L, pH 为 2.5±0.1,贮备于塑料瓶。测定步骤:5.00 g 土样加 50 ml M3 浸提剂,25℃振荡 5 min(振荡 200 r/min),过滤后,均用日本岛津公司生产的型号为 ICPS-1000 的扫描型等离子体光谱仪测定。

3 结果与分析

3.1 随机选择的不同植被类型下土壤微量元素状况

3.1.1 不同植被类型下土壤微量元素有效含量水平

选取三种植被类型下的 16 个土壤样点,样点基本情况见表 1。其中常绿阔叶林地土壤样点 3 个,即 A1-A3;松树林地土壤样点 4 个,即 B4-B7;桉树人工林地土壤样点 9 个,即 C8-C16;计算三种植被类型下各土壤微量元素有效含量的平均值,得到不同植被类型土壤微量元素有效含量(图 1)。

常绿阔叶林地中土壤有效 Fe 含量范围为 104.55~204 mg/kg,平均含量为 166.98 mg/kg,处在临界值水平之上(一般规定 3 mg/kg 为土壤缺 Fe 临界值^[1]);思茅松林林地中土壤有效 Fe 含量范围为 56.01~173 mg/kg,平均含量为 100.32 mg/kg,处在临界值水平之上;桉树林地中土壤有效 Fe 含量范围为 63.39~310.51 mg/kg,平均含量为 143.04 mg/kg,也处在临界值之上。说明三种植被土壤中都不缺有效 Fe。有效 Fe 含量水平在三种植被类型中为常绿阔叶林土壤>桉树林土壤>松林土壤。

常绿阔叶林中土壤有效 Zn 含量范围为 0~3.25 mg/kg,平均含量为 1.34 mg/kg,低于缺 Zn 临界值(2 mg/kg^[1]);松林中土壤有效 Zn 含量范围为 0~1.1 mg/kg,平均含量为 0.14 mg/kg,低于缺 Zn 临界值;桉树林土壤有效 Zn

含量范围为 0~1.6 mg/kg,平均含量为 0.09 mg/kg,低于缺 Zn 临界值。有效 Zn 在三种植被类型中含量水平为常绿阔叶林土壤>松林土壤>桉树林土壤,三种植被土壤中都缺有效态微量元素 Zn。

表 1 样点基本情况表

样点编号	海拔/m	坡度/(°)	坡向/(°)	坡位	土壤类型	降水量/mm	温度/
A1	1578	16	340	下	黄壤	1943	17.4
A2	1341	28	28	中	赤红壤	1943	17.4
A3	1669	17	204	中	黄壤	1831	17.3
B4	1770	24	245	下	水稻土	1720	15.1
B5	1282	20	196	中	赤红壤	1500	17.9
B6	1721	19	175	中	黄壤	1943	17.4
B7	1680	24	66	上	红壤	1178	17.9
C8	1570	13	49	下	黄壤	1943	17.4
C9	1684	30	218	中	黄壤	1630	19.1
C10	1360	31	242	中	赤红壤	2000	17.3
C11	1806	25	136	上	红壤	2000	19.1
C12	1690	16	302	上	红壤	1500	17.9
C13	1614	32	292	中	黄壤	1500	19.1
C14	1753	25	318	上	红壤	2000	17.3
C15	1674	22	225	中	黄壤	1831	17.3
C16	1630	15	263	上	红壤	1500	17.9

三种植被土壤中,桉树林土壤中有有效 Cu 含量 0~33.93 mg/kg,平均值为 2.04 mg/kg,高于缺有效 Cu 临界值(2 mg/kg^[1]);常绿阔叶林和松树林中都缺有效态微量元素 Cu,含量为 0。有效 Cu 在三种植被类型中含量水平为桉树林土壤>常绿阔叶林土壤=松林土壤。

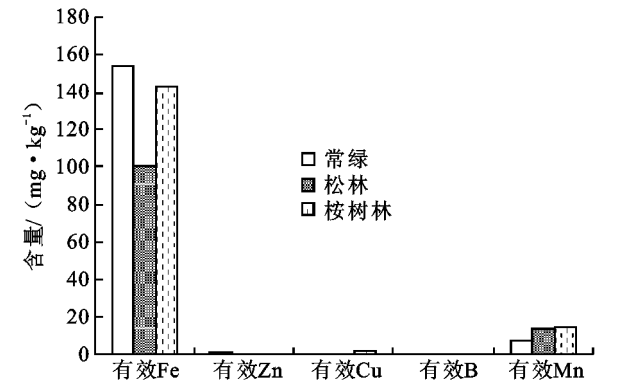


图 1 三种植被类型下的土壤微量元素有效含量

三种植被土壤中,有效 Mn 在常绿阔叶林土壤中含量 5.91~9.17 mg/kg,平均值 7.01 mg/kg,低于缺 Mn 临界值(100 mg/kg^[1]);松林土壤中有有效 Mn 含量 5.3~23.54 mg/kg,平均值为 13.99 mg/kg,低于缺 Mn 临界值;桉树林土壤中有有效 Mn 含量 0~30.52 mg/kg,平均值为 14.99 mg/kg,低于缺 Mn 临界值。三种植被土壤中都缺有效态微量元素 Mn。有效 Mn 含量水平为桉树林土壤>松林土壤>常绿阔叶林土壤。

三种植被土壤中,有效 B 的含量均为 0,低于缺 B 临界值(0.5 mg/kg^[1])。三种森林土壤中都缺有效态微量元素 B。

叶林土壤>松林土壤>桉树林土壤,三种植被土壤中都缺有效态微量元素 Zn。

3.1.2 不同植被类型下土壤有效微量元素分布规律

三种植被类型下的 16 个土壤样点按垂直层次计算平均值,如表 2 所示。各微量元素在该地区土层中的分布规律随元素种类和植被类型而异^[2]。

有效 Fe 在土层中的分布规律有两种类型。在常绿阔叶林下土壤中,有效 Fe 含量由上而下升高,而在思茅松林和桉树林下土壤中,在 10~20 cm 表层土壤中有有效 Fe 的含量(105.86 mg/kg 和 160.49 mg/kg)高于 30~40 cm 下层(94.78 mg/kg 和 125.59 mg/kg)。这可能与各种植被类型的根系分布及吸收强度等有关。

有效 Zn 在常绿阔叶林和思茅松林下土壤中仅在 10~20 cm 层有,分别为 2.676 667 mg/kg 和 0.366 667 mg/kg,在下层土壤中缺失。在桉树林地土壤中缺少有效 Zn 元素。

Cu 在常绿阔叶林和思茅松林下土壤中都缺失,在桉树林下土壤中表层含量较为丰富,平均含量为 3.904 444 mg/kg,比下层的平均含量高 95.48%。有效 B 在三种植被类型土壤中都缺失。

Mn 在土壤中的分布也有两种类型,在思茅松林和桉树林中,有效 Mn 的含量由上而降低。而在常绿阔叶林下土壤中,表层土壤中有有效 Mn 的含量(6.566 667 mg/kg)高于下层(7.453 333 mg/kg)。

3.2 相似生境的不同植被类型下土壤微量元素状况

3.2.1 三种植被类型对土壤有效含量消耗状况

选取常绿阔叶林与桉树林、思茅松林与桉树林生境条件相似的样点,如 A1~C8,A2~C4,A3~C15,A4~C63,B4~C33,B5~C3,B6~C8,B7~C16,A 代表常绿阔叶林,B 代表

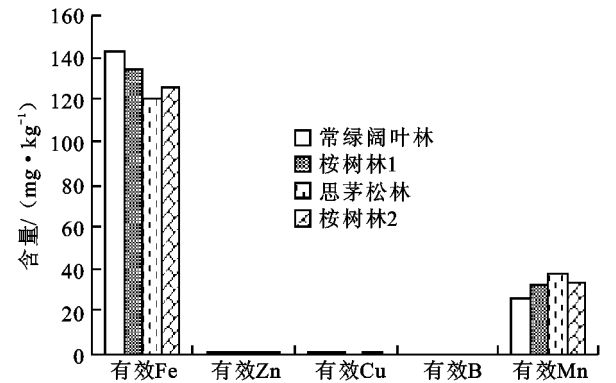
思茅松林,C 代表桉树林。所选三种植被类型样点的生境条件如表 3。

表 2 不同植被类型垂直土壤剖面微量元素有效含量

		mg/ kg				
植被类型	层次/ cm	Fe	Zn	Cu	B	Mn
常绿阔叶林	10 - 20	129.85	2.68	0	0	6.57
	30 - 40	177.43	0	0	0	7.45
思茅松林	10 - 20	105.86	0.37	0	0	16.40
	30 - 40	94.78	0	0	0	11.57
桉树林	10 - 20	160.49	0	3.90	0	19.15
	30 - 40	125.59	0	0.18	0	10.85

表 3 样点生境条件

样点	海拔/ m	坡度/(°)	坡向/(°)	坡位	土壤类型	降水量/ mm	温度/
A1	1578	16	340	下	黄壤	1942.7	17.4
C8	1570	13	49	下	黄壤	1942.7	17.4
A2	1341	28	28	中	赤红壤	1942.7	17.4
C4	1336	27	0	中	赤红壤	1942.7	17.4
A3	1669	17	204	中	黄壤	1830.9	17.3
C15	1674	22	225	中	黄壤	1830.9	17.3
A4	1578	16	340	下	黄壤	1942.7	17.4
C63	1419	20	111	中	赤红壤	1830.9	17.3
B4	1770	24	245	下	水稻土	1719.5	15.1
C33	1819	38	172	中	水稻土	1719.5	15.1
B5	1362	26	13	坡顶	赤红壤	1178.1	17.9
C3	1282	20	196	中	赤红壤	1178.1	17.9
B6	1721	19	175	中	黄壤	1942.7	17.4
C8	1570	13	49	下	黄壤	1942.7	17.4
B7	1680	24	66	上	红壤	1178.1	17.9
C16	1630	15	263	上	红壤	1178.1	17.9



注:桉树林 1 与常绿阔叶林、桉树林 2 与思茅松林生境相似的样地。

图 2 相似生境下三种植被类型下土壤微量元素有效含量

常绿阔叶林中土壤有效 Zn 平均含量为 0.712 916 7 mg/kg,低于缺 Zn 临界值(2 mg/kg^[41]);思茅松林中土壤有效 Zn 平均含量为 1.197 7 mg/kg,低于缺 Zn 临界值;桉树林 1、2 土壤有效 Zn 平均含量分别为 0.998 083 mg/kg 和 1.071 24 mg/kg,都低于缺 Zn 临界值。有效 Zn 在三种植被类型中含量水平为桉树林 1 土壤>常绿阔叶林土壤,思茅松林土壤>桉树林 2 土壤,三种植被土壤中都缺有效态微量元素 Zn,且常绿阔叶林对有效 Zn 的消耗大于桉树,而思茅松林对有效 Zn 的消耗小于桉树林。

计算每种植被类型下土壤微量元素有效含量的平均值,得到不同植被类型土壤微量元素有效含量图,如图 2 所示。常绿阔叶林地中土壤有效 Fe 平均含量为 142.74 mg/kg,处在临界值水平之上(一般规定 3 mg/kg 为土壤缺 Fe 临界值^[11]);思茅松林中土壤有效 Fe 平均含量为 133.8 mg/kg,处在临界值水平之上;桉树林 1、2 有效 Fe 平均含量分别为 133.837 8 mg/kg 和 124.878 4 mg/kg,也处在临界值之上。有效 Fe 含量水平在三种植被类型中为常绿阔叶林土壤>桉树林 1 土壤,思茅松林土壤>桉树林 2 土壤。说明三种植被土壤中都缺有效 Fe,在相似生境条件下,桉树林对土壤中有效 Fe 的消耗大于常绿阔叶林和思茅松林。

三种植被土壤中,常绿阔叶林中土壤有效 Cu 的平均含量为 0.748 958 3 mg/kg,低于缺有效 Cu 临界值(2 mg/kg^[41]);桉树林 1、2 土壤中有有效 Cu 平均值分别为 1.048 542 mg/kg 和 0.892 25 mg/kg,都低于 Cu 临界值;思茅松林中有效 Cu 含量为 0。有效 Cu 在三种植被类型中含量水平为桉树林 1 土壤>常绿阔叶林土壤,桉树林 2 土壤>松林土壤,说明桉树林对有效 Cu 的消耗都没有常绿阔叶林和思茅松林多。

三种植被土壤中,有效 Mn 在常绿阔叶林土壤中平均值为 25.975 417 mg/kg,低于缺 Mn 临界值(100 mg/kg^[11]);思茅松林土壤中有有效 Mn 平均值为 37.117 9 mg/kg,低于缺 Mn 临界值;桉树林 1、2 土壤中有有效 Mn 平均值分别为 32.411 58 mg/kg 和 33.251 48 mg/kg,都低于缺 Mn 临界值。三种植被土壤中都缺有效态微量元素 Mn。有效 Mn 在三种植被类型中含量水平为桉树林 1 土壤>常绿阔叶林土壤,思茅松林土壤>桉树林 2 土壤,说明桉树林对有效 Mn 的消耗比常绿阔叶林少,但比思茅松林大。

三种植被土壤中,有效 B 的含量均为 0,低于缺 B 临界值(0.5 mg/kg)。三种森林土壤中都缺有效态微量元素 B。

3.2.2 相似生境下三种植被类型土壤微量元素垂直变化规律

根据表 4 对常绿阔叶林与桉树林地比较可知,表层土壤

中,桉树林地有效 Mn 含量比较多,常绿阔叶林对表层土壤有效 Mn 的消耗比桉树多;有效 Zn,Cu,Fe 的含量在这两种植被类型土壤表层中的变化没有规律;深层土壤中,常绿阔叶林有效 Fe 的含量比较多,桉树林对深层土壤中的有效 Fe 的消耗比常绿阔叶林多;而有效 Zn,Cu,Mn 含量在两种植被类型的深层土壤中,没有规律变化;在表层和深层土壤中都没有测出有效 B。

表 4 相似生境下常绿阔叶林与桉树林

下土壤微量元素含量比较		μg/g				
植被类型	样点	有效 Fe	有效 Zn	有效 Cu	有效 B	有效 Mn
常绿阔叶林	A1(1)	104.55	3.25	0	0	6.35
	A1(2)	168.29	0	0	0	7.28
桉树林	C2(1)	137.00	0	0.65	0	30.52
	C2(2)	80.53	1.60	0.29	0	16.49
常绿阔叶林	A2(1)	143.00	2.57	0	0	5.95
	A2(2)	204.00	0	0	0	5.91
桉树林	C4(1)	105.00	5.35	0	0	10.55
	C4(2)	111.00	0	0	0	7.55
常绿阔叶林	A3(1)	142.00	2.21	0	0	7.40
	A3(2)	160.00	0	0	0	9.17
桉树林	C14(1)	219.00	0	0	0	12.22
	C14(2)	200.00	0	0	0	8.88
常绿阔叶林	A4(1)	221.00	1.74	2.16	0	106.00
	A4(2)	193.00	0	1.72	0	119.00
桉树林	C63(1)	99.24	1.83	1.83	0	56.45
	C63(2)	96.21	1.2	2.06	0	47.04

注:表样点中(1)表示表层土,(2)表示深层土

表 5 相似生境的思茅松林与桉树林

下土壤微量元素含量比较		μg/g				
植被类型	样点	有效 Fe	有效 Zn	有效 Cu	有效 B	有效 Mn
思茅松林	B1-1	173.00	0	0	0	23.54
	B1-2	134.00	0.00	0	0	15.96
桉树林	C33-1	77.50	0	0	0	9.40
	C33-2	80.62	0	0	0	10.35
思茅松林	B2-1	76.43	1.10	0	0	5.30
	B2-2	76.23	0	0	0	6.76
桉树林	C3-1	76.63	0	1.05	0	59.40
	C3-2	78.70	0	1.1	0	75.9
思茅松林	B3-1	118.00	0	0	0	17.77
	B3-2	112.00	0	0	0	14.51
桉树林	C2-1	137.00	0	0.65	0	30.52
	C2-2	80.53	1.60	0.29	0	16.49
思茅松林	B4-1	56.01	0	0	0	18.99
	B4-2	56.89	0	0	0	9.06
桉树林	C15-1	63.39	0	0.28	0	12.26
	C15-2	82.54	0	0.19	0	14.08

由表 5,桉树林与思茅松林比较可知,桉树林表层土壤中有有效 Fe,Cu 的含量比较多;而有效 B 没有测出,有效 Zn 只有少部分样点测出;有效 Zn,Mn 的含量变化没有规律。

由此可知,思茅松林对土壤表层的有效 Fe,Cu 的消耗比桉树林多。桉树林地深层土壤中有有效 Cu,Mn 的含量比松树林多;而有效 B 元素没有测出,有效 Zn 只在少部分样点中测出;有效 Fe,Zn 的含量变化没有规律。由此可知,松树林对深层土壤中的有效 Cu,Mn 的消耗比较多。

由以上分析可知,在常绿阔叶林地中,随着土壤深度增加,有效 Fe,Mn 含量升高,有效 Zn 含量降低;而在桉树林地中,随着土壤深度增加,有效 Fe,Mn 含量降低,其它元素则没有变化规律或是没有测出。

在思茅松林地中,随着土壤深度增加,有效 Fe,Mn 含量降低;而在桉树林地中,随着土壤深度增加,有效 Fe,Mn 含量升高,其它元素则没有变化规律或是没有测出。

4 结 论

(1)滇西南亚热带山地主要植被类型的土壤中有有效 Fe 含量较为丰富,远高于临界值;而有效 Zn,Mn,B 含量很低,低于临界值,该地区属于 Zn,Mn,B 缺乏区;在常绿阔叶林和思茅松林下土壤中有有效 Cu 的含量低于临界值,而在桉树林下土壤基本不缺 Cu。

(2)不同植被类型林下土壤微量元素的有效量有较大差异。相比较而言,常绿阔叶林下土壤中有有效 Fe,Zn 的含量最高,有效 Mn 的含量是最少的;桉树林下土壤中有有效 Cu,Mn 的含量最多,有效 Zn 的含量最少;松树林下土壤中微量元素都不多,其中有效 Fe 的含量最少;三种植被类型下土壤都缺少有效 B 元素。

(3)各微量元素有效量在研究区土层中的分布规律因元素种类而异,少数元素与植被类型有关。

(4)在相似生境条件下,相比较而言,桉树林对有效 Fe 元素的消耗大于常绿阔叶林和思茅松林,但三种植被土壤中都不缺有效 Fe;常绿阔叶林和思茅松林对有效 Zn,Cu 元素的消耗大于桉树林;常绿阔叶林对有效元素 Mn 的消耗大于桉树林,而桉树林对有效元素 Mn 的消耗大于思茅松林。且三种植被类型下土壤中都缺 Mn,B,Cu 微量元素。

(5)在常绿阔叶林地中,随着土壤深度增加,有效 Fe,Mn 含量升高,有效 Zn 含量降低;而在生境条件相似的桉树林地中,随着土壤深度增加,有效 Fe,Mn 含量降低,其它元素则没有变化规律。在思茅松林地中,随着土壤深度增加,有效 Fe,Mn 含量降低;而在桉树林地中,随着土壤深度增加,有效 Fe,Mn 含量升高,其它元素则没有变化规律。

通过以上研究建议在林业生态系统中,根据地区土壤状况,选择适当的植被类型恢复生态系统;并注意地力及其消耗状况,适时进行土壤微量元素的输入,保持森林生态系统的可持续发展。

参与文献:

[1] 熊毅,李庆逵.中国土壤(2版)[J].北京:科学出版社,1988:517-536.

[2] 曾曙才,谢正生,俞元春,等.北亚热带森林土壤有效微量元素状况研究(英文)[J].生态学报,2002,22(12):2141-2146.