

# 宁镇丘陵主要森林类型林下土壤中的微量元素初步研究\*

曾曙才 俞元春

**摘要** 对宁镇丘陵区几种主要森林类型林下土壤中 Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、B 等 6 种微量元素全量和有效量以及影响微量元素有效性的主要土壤因子如土壤全 N、速效 P、速效 K、有机质、pH 和土壤颗粒组成等进行了分析研究。结果表明：宁镇丘陵森林土壤中 B、Zn、Mn 等微量元素全量低于全国平均水平，该地区属低 B 区；Fe、Mo、Cu 全量较为丰富。除全 Cu 外，各元素全量在土层中的分布因元素种类和森林类型而异。该地区有效态 B、Mo、Cu 含量很低，均处于临界含量水平以下，有效 Zn 含量稍高，有效 Fe、Mn 特别丰富。Fe/Mn 比例严重失调。各微量营养元素有效量主要受全量、土壤有机质和速效 P 含量等因子影响。不同森林类型林下土壤中有效态微量元素含量有较大差异。

**关键词** 宁镇丘陵 森林土壤 微量元素 全量 有效量

关于宁镇丘陵区森林土壤中大量营养元素的含量、分布及动态特性等，已有许多学者作过研究<sup>[1-3]</sup>，而关于这一地区的微量元素的状况，至今未见报道。为了解该地区主要森林类型下土壤中微量元素的含量水平、分布规律，微量元素有效性与全量、土壤质地、pH、有机质和速效 P 等土壤因子的关系，各森林类型下土壤微量元素含量的差异水平，以便为林业上微肥应用、林地管理和经营措施选取等提供参考依据，作者于 1996 年秋对这一地区的主要森林类型土壤中 Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、B 等 6 种微量元素全量和有效量进行了分析研究。现将研究结果报道如下。

## 1 试验地概况

试验地设在南京林业大学下蜀实习林场(119°14'E, 31°59'N)。该地区属亚热带季风气候区，四季分明，热量充足，雨量丰沛，年均降雨量为 1 104 mm。土壤主要为石英砂岩或其坡积-冲积物上发育的黄棕壤，质地重壤至壤质，pH 在 4.5~5.5 之间。主要森林类型有火炬松林、杉木林、次生栓皮栎林、马尾松林、毛竹林和茶叶林等。试验地各种森林类型及其林下土壤基本情况见表 1。

## 2 样品采集与分析

### 2.1 样品采集

分别在 25 年生的同龄火炬松林、杉木林、次生栓皮栎林、5 年生的二茬杉木萌芽林及毛竹

1997—02—12 收稿。

曾曙才(华南农业大学林学院 广州 510642); 俞元春(南京林业大学森林资源与环境学院)。

\* 1994~1996 年国家自然科学基金资助项目“南方森林土壤生态系统的微量元素状况”的部分内容。

表 1 试验地基本情况

森林类型	林下植被	平均木 高/胸径 (m/cm)	层次 (cm)	物理性 粘粒 (%)	有机质	全 N	C/N	速效 P	速效 K	pH 值	
					(g/kg)			(mg/kg)		H <sub>2</sub> O	KCl
25 年生 杉木林	小山竹	15/17	0~20	41.43	33.80	1.27	15.50	5.31	71.18	5.48	3.80
			20~40	45.96	15.34	0.80	11.10	1.55	34.98	4.87	3.50
			40~60	48.71	13.30	0.67	11.60	1.46	40.77	5.18	3.49
5 年生二茬 杉木林	薄公英	2/3	0~20	36.40	35.58	1.29	16.00	2.12	29.46	4.98	4.01
			20~40	36.90	16.03	0.55	16.80	1.90	19.45	4.95	3.74
			40~60	43.60	12.79	0.53	14.00	1.51	21.52	5.30	3.71
25 年生次 生栓皮栎林	小山竹 芒萁	21/23	0~20	38.61	55.20	2.26	14.10	12.99	109.46	4.69	4.04
			20~40	36.93	24.98	0.94	15.40	2.97	49.29	4.83	4.30
			40~60	38.44	22.95	0.68	19.70	2.78	14.62	5.01	4.04
毛竹林	蕨	8/9	0~20	36.52	38.66	1.48	15.10	4.40	70.43	5.43	4.02
			20~40	42.81	15.29	0.83	10.60	1.68	34.86	5.00	3.94
			40~60	48.36	11.57	0.56	12.00	1.24	25.60	5.30	4.29
茶林			0~20	51.22	32.69	1.06	17.90	2.97	101.67	5.05	3.62
			20~40	48.47	17.29	0.93	34.70	1.32	31.19	4.95	3.37
			40~60	48.47	17.29	0.93	34.70	1.32	31.19	4.95	3.37
25 年生 火炬松林	小山竹	12/25	0~20	38.36	28.25	0.79	20.60	2.45	30.32	5.25	4.02
			20~40	46.62	11.92	0.49	14.20	0.75	20.39	5.11	3.86

林内选择具有代表性的典型地段,选 5 株平均木,分别在离树干 2/3 的树冠投影处按 0~20 cm, 20~40 cm 和 40~60 cm 分层采集土样,混匀后作为该森林林下土壤分析样品。样品带回室内后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,充分混匀后供分析用<sup>[4]</sup>。

## 2.2 分析方法

土壤颗粒组成、pH 值、全 N、有机质、速效 P、速效 K 的测定采用森林土壤分析方法国家标准<sup>[5]</sup>。土壤 Mo、Cu、Zn、Fe、Mn 全量用硝酸-高氯酸-氢氟酸消化<sup>[4]</sup>,美国 Varian AA-1475 及 GTA-95 测定;全 B 用 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 熔样,姜黄素比色法测定。土壤有效 B 的测定用沸水浸提,姜黄素比色法测定;有效 Mo 的测定用草酸-草酸铵浸提,美国 Varian AA-1475 及 GTA-95 测定;Mn 用醋酸铵-对苯二酚浸提,Cu、Zn 用 0.1N HCl 浸提,Fe 用 DTPA 浸提<sup>[4]</sup>,均用美国 Varian AA-1475 原子吸收分光光度计测定。

## 3 结果与讨论

### 3.1 宁镇丘陵区森林土壤中全量微量营养元素的含量和分布

3.1.1 土壤中全量微量营养元素含量水平 宁镇丘陵区森林土壤中全 B 含量较低,含量范围为 16.8~58.6 mg/kg,平均含 B 为 38.0 mg/kg,远低于我国土壤平均含 B 量(64 mg/kg<sup>[6]</sup>)。该地区属于低 B 区(南方土壤全 B 含量均较低)。

全 Mo 在该地区含量较为丰富,大多数土壤全 Mo 含量在 3.0 mg/kg 以上,平均含量为 4.1 mg/kg,高于全国平均值 1.7 mg/kg<sup>[6]</sup>。

该地区森林土壤全 Cu 含量范围为 34.7~119.3 mg/kg,平均含量为 60.6 mg/kg。比全国平均值 27 mg/kg<sup>[6]</sup>高出 1.25 倍。茶叶林由于人工施肥,全 Cu 含量远高于其它林地。

全 Zn 和全 Mn 在该地区土壤中含量较低,两者均低于全国平均含量。Fe 则较丰富。各森林类型林下土壤中各全量微量元素含量多寡顺序依次为 Fe、Mn、Zn、Cu、B、Mo(见表 2)。

表 2 土壤中全量微量营养元素含量

林分类型	层次 (cm)	B	Mo	Cu	Zn	Fe	Mn
		(mg/kg)				(g/kg)	
25 年生杉木林	0~20	26.6	5.485	34.7	65.2	21.30	0.515
	20~40	16.8	5.520	40.9	71.5	26.33	0.558
	40~60	30.5	5.251	48.5	86.5	29.66	0.636
25 年生次生栓皮栎林	0~20	27.1	4.627	62.6	88.2	28.44	0.599
	20~40	42.7	5.009	61.0	86.9	22.50	0.463
	40~60	38.2	5.382	64.1	79.1	21.68	0.511
毛竹林	0~20	44.5	4.908	43.2	87.0	21.25	0.403
	20~40	58.6	5.198	54.1	89.2	25.82	0.341
	40~60	41.9	2.137	61.3	99.7	26.87	0.340
茶林	0~20	40.6	2.983	115.5	75.3	24.86	0.117
	20~40	49.8	2.050	119.3	73.0	26.06	0.097
25 年生火炬松林	0~20	44.2	3.042	40.4	57.5	19.67	0.373
	20~40	33.0	1.706	42.0	66.8	23.08	0.301
	平均	38.0	4.100	60.6	78.9	24.42	0.404
	标准差	11.1	1.473	27.1	11.9	3.07	0.168
	变异系数	0.292	0.359	0.447	0.151	0.126	0.416
全国平均值		64	1.7	27	163	—	0.845

3.1.2 全量微量元素在土层中的分布规律 各微量营养元素在该地区土层中的分布规律随元素种类和森林类型而异。

全 B 在杉木林和火炬松林林下土壤中, 表层含量高于底层, 在其它森林类型中, 呈现出中间高、表层和底层低的分布规律。Cu 在各层中的含量差异较小, 总的趋势是表层低于下层。Zn 在杉木林、竹林和火炬松林林下土壤中的分布规律是表层低于底层。在次生栓皮栎林和茶叶林中则相反, 由表层往下, 含量不断降低。Fe 在栓皮栎林林下土壤中, 表层含量高于下层。在其它森林类型中均为表层低于下层。Mn 在杉木林中表层低于底层, 在其它森林类型中为表层大于底层。Mo 在土层中的分布未表现出规律性。

### 3.2 宁镇丘陵区有效态微量元素的状况

3.2.1 宁镇丘陵区森林土壤中有效态微量元素的含量水平 土壤的微量元素全量仅是一种潜在指标, 其为植物可利用的比例不大, 因此不宜用来判断土壤中微量元素的供给能力, 一般采用有效态含量来表示。所以土壤中有有效态微量元素含量水平, 对植物生长有重要影响。

宁镇丘陵森林土壤中的有效微量元素含量见表 3。其有效 B 的含量在 0.22~0.38 mg/kg 之间, 平均含量为 0.32 mg/kg, 处在临界值水平以下(一般规定 0.5 mg/kg 为土壤缺 B 临界值<sup>[6]</sup>)。可以认为该地区为缺 B 区。

试验区内有效 Mo 的含量范围为 0.07~0.18 mg/kg, 平均含量为 0.1 mg/kg, 低于缺 Mo 临界值(0.15 mg/kg)<sup>[6]</sup>。多数土壤有效 Mo 含量在 0.09 mg/kg 左右。各种森林类型下土壤含 Mo 量基本相同, 差异较小, 变异系数为 0.298。

有效 Cu 的含量在该地区变幅较大(变异系数为 0.714), 最高值达 2.76 mg/kg, 最小值只有 0.37 mg/kg, 多数土壤有效 Cu 含量在 0.8 mg/kg 附近。平均含 Cu 量为 0.88 mg/kg, 远低于临界值 2.00 mg/kg<sup>[6]</sup>。

表 3 宁镇丘陵各种森林类型土壤中各微量元素有效量的含量水平 (单位: mg/kg)

森林类型	层次	B	Mo	Cu	Zn	Fe	Mn
25年生杉木林	0~20	0.36	0.085	0.76	3.00	31.0	118.0
	20~40	0.38	0.101	0.50	1.35	53.0	141.0
	40~60	0.37	0.119	0.66	1.50	59.0	193.0
5年生二荃杉木林	0~20	0.22	0.100	0.88	2.16	34.5	39.0
	20~40	0.38	0.090	0.37	0.85	38.5	40.0
	40~60	0.37	0.084	0.48	0.85	44.5	46.0
25年生次生栓皮栎林	0~20	0.36	0.181	2.33	4.18	40.5	220.0
	20~40	0.38	0.106	1.71	1.25	60.5	105.0
	40~60	0.30	0.099	1.93	0.84	48.0	156.0
毛竹林	0~20	0.29	0.070	0.65	4.29	36.0	119.0
	20~40	0.30	0.090	0.48	1.38	36.5	75.0
	40~60	0.28	0.157	0.53	1.40	41.0	120.0
25年生火炬松林	0~20	0.28	0.138	0.67	2.25	49.0	172.0
	20~40	0.27	0.078	0.41	1.58	56.0	104.0
	平均	0.32	0.111	0.88	1.92	44.9	117.7
	标准差	0.053	0.032	0.628	1.148	9.544	55.95
	变异系数	0.165	0.298	0.714	0.598	0.213	0.476
	临界值	0.50	0.15	2.00	2.00	3.00	7.00

该地区有效 Zn 含量范围为 0.84~4.39 mg/kg, 平均含量为 1.92 mg/kg。其中, 表层土有效 Zn 含量较高, 均在 2.00 mg/kg 以上, 高于临界值 1.5 mg/kg<sup>[6]</sup>; 底层土壤含 Zn 量较低, 多为 1.00 mg/kg 左右。不同森林类型林下土壤中有效 Zn 含量差异较大, 其变异系数为 0.598, 以次生栓皮栎林和毛竹林含 Zn 量最高。

宁镇丘陵森林土壤中有效 Fe 含量较为丰富, 为 31.0~60.5 mg/kg 之间, 平均含量为 44.9 mg/kg, 远高于临界含量 3 mg/kg<sup>[6]</sup>。各种森林类型林下土壤有效 Fe 含量基本相同, 差异不十分显著, 变异系数仅为 0.213。

在所研究的 6 种微量元素中, Mn 的含量最高, 含量范围为 39.0~193.0 mg/kg, 平均含量达 117.7 mg/kg。

该地区各微量营养元素有效量的多寡顺序依次为 Mn、Fe、Zn、Cu、B、Mo。

3.2.2 宁镇丘陵森林土壤中有效态微量元素的分布规律 土壤剖面层次是长期成土过程形成的结果, 有效态微量元素在土层中的分布规律各有差异。

B 为流动性元素, 不能被风化层所吸持, 表层可溶性 B 易遭淋洗损失。该地区有效 B 的含量在 20~40 cm 处含量最高。表层由于受淋洗损失, 虽然有生物富集作用, 含量仍低于底层土壤。与农田土壤不同, 后者的有效 B 含量是表层高于底层<sup>[7]</sup>。

Mo 在土壤中的分布规律有两种类型。在 25 年生杉木林和毛竹林林下土壤中, 有效 Mo 的含量由上而下逐渐升高。而在其它森林类型林下土壤中, 表层土壤中有效 Mo 的含量(0.139 mg/kg) 高于下层(分别为 0.091 和 0.083 mg/kg)。这可能与各种森林类型的根系分布及吸收强度有关。

Cu 在表层土壤中含量较为丰富, 平均含量为 1.06 mg/kg, 比 20~40 cm 层的平均含量高 116.3%, 比底层土壤高 36.0%。有效 Cu 呈现出上下高、中间低的凹形分布规律。这主要是由于表层有机质含量丰富, 大量对植物有效的 Cu 被吸附或络合在有机质中; 20~40 cm 处由于

是根系分布最为密集的地区, 根系对 Cu 的吸收较其它土层强烈。

Zn 在表层土壤含量最高, 平均含量达 3.18 mg/kg, 比下层土壤的平均含量高近 1.5 倍。主要是因为表层土有机质丰富, 而有机质是 Zn 的重要贮存库, 与有效 Zn 保持着动平衡关系。

有效 Fe 在土层中的分布规律是: 表层土壤有效 Fe 含量最低, 20~40 cm 层又低于下层土壤。产生这一现象的原因主要是由于 Fe 在表土更易被氧化, 并且 Fe 离子及其络合离子易随土壤水往下层渗透。从而造成下层土壤 Fe 离子的不断累积。在该地区的少数底层土壤中作者还发现有少量的 Fe 结核。

有效态 Mn 在土壤中的分布也有两种类型: 在 25 年生杉木林和 5 年生二荏杉木萌芽林中, 下层含 Mn 量高于上层; 在其它森林类型中, 表层土壤含 Mn 量最高, 20~40 cm 层最低, 底层土高于 20~40 cm 处, 表现出和 Cu 相似的分布规律。

3.2.3 影响宁镇丘陵森林土壤中微量元素有效性的主要土壤因素 影响土壤中微量元素有效性的因子很多, 有母质类型、全量微量元素含量、pH 值、有机质、速效 P 含量、土壤质地、土壤通透性等。不同地区各因子所起的作用也不尽相同。经分析发现, 全量微量元素含量、有机质和速效 P 对该地区土壤中微量元素有效量水平有较大影响。

3.2.3.1 微量元素全量对有效量的影响 微量元素全量和有效量之间的关系较为复杂, 受许多土壤因子的影响。经分析发现, 全 Cu 与有效 Cu, 全 Mn 与有效 Mn 之间存在极显著的正相关关系, 相关系数分别为 0.704 和 0.879。Cu、Mn 全量和有效量之间可分别建立如下线性回归方程:

$$Y_{\text{有效Cu}} = -0.12 + 0.0209 X_{\text{全Cu}}; \quad Y_{\text{有效Mn}} = -9.4 + 0.3187 X_{\text{全Mn}}$$

其它元素全量和有效量之间不存在线性关系。

3.2.3.2 有机质对微量元素有效量的影响 经过对土壤中有有机质和各微量元素有效量进行相关性分析和线性回归分析, 发现有有机质含量与 B、Fe 有效量呈现负相关, 相关系数分别为 -0.5 和 -0.418 ( $P < 0.05, n = 15$ ); 有机质与其它各元素有效量均呈正相关关系。

以往农业上的研究结果认为, 在酸性条件下, 有效 B 会随有机质的增加而提高<sup>[8]</sup>。但本次研究得到的结果相反: 在有机质含量高的土壤中, 有效 B 的含量反而更低。有机质中有两种形态的 B, 一种是存在于有机化合物的 B, 一种则是被有机质吸附的 B。存在于有机化合物中的 B 只有当有机质分解以后才对植物有效, 而被吸附的 B 则易与金属离子形成较为稳定的络合物, 可能是这些络合反应导致了 B 的有效性的降低<sup>[8]</sup>。

有的研究认为, 土壤有机质含量愈高, Cu 的可给性愈低<sup>[9]</sup>。但在本试验地的各森林类型土壤中, 有机质的含量与 Cu 的有效量呈正相关关系, 相关系数为 0.63 ( $P < 0.01, n = 15$ )。土壤有机质的含量对 Cu 的有效量水平有重要贡献, 这是因为, 被天然有机物螯合的 Cu, 并非全是无效的, 有些螯合反应能增加 Cu 的有效性<sup>[10]</sup>。所以在一些有机质含量低的土壤中, 有效 Cu 的含量很低。

有机质与有效 Zn 含量之间的相关性最为显著, 相关系数为 0.855 ( $P < 0.01, n = 15$ )。有机质含量愈丰富, Zn 的有效性愈高, 与农业上得到的结果“有机质含量高的水稻土最易发生缺 Zn 现象<sup>[9]</sup>”刚好相反。这可能是因为这些森林类型土壤中有有机质的 Zn 库作用远远超过螯合(无效化)的影响。

3.2.3.3 有效 P 含量与微量元素有效量的关系 土壤中有有效 P 的含量对微量元素有效性有一定的影响。P 和 Fe 之间存在拮抗作用, 含有效 P 高的土壤 Fe 的有效性较低。有效 P 对 Mo 的有效性能起促进作用, 机理是  $PO_4^{3-}$  可将被吸附在土壤胶体表面的  $MoO_4^{2-}$  交换出来, 从而使有效态 Mo 在土壤溶液中的含量增加。与以往研究结果相反, 我们发现 Zn 和有效 P 之间呈显著正相关关系, 相关系数为 0.751 ( $P < 0.01, n = 15$ )。同样, Cu 和有效 P 之间, Mn 和有效 P 之间均存在较好的正相关关系, 相关系数分别为 0.708 ( $P < 0.01, n = 15$ ) 和 0.522 ( $P < 0.05, n = 15$ )。这可能也是由于有机质同时是 P 和微量元素库的缘故, 其间的动平衡所起作用超过 P 与各元素的拮抗作用。

3.2.4 Fe/Mn 比问题 植物要求 Fe 和 Mn 在土壤中的含量有一较为适宜的比例, 一般在 1.5~2.5 之间较为合适<sup>[8]</sup>。如果  $Fe/Mn > 2.5$ , 植物就有可能出现 Fe 中毒; 若  $Fe/Mn < 1.5$ , 则植物易发生 Mn 中毒。宁镇丘陵区森林土壤中的 Fe/Mn 比例严重失调, 所有土壤 Fe/Mn 比均在 1.0 以下。但在各种森林类型中作者并未发现 Mn 毒症植物。

3.2.5 不同森林类型林下土壤微量元素含量丰缺的比较 在所研究的几种森林类型中, 林下土壤微量元素的有效含量有较为明显的差异。总的来说, 次生栓皮栎林林下土壤的各种微量元素含量均较高, 25 年生火炬松林次之, 其它森林类型则较低些, 5 年生二荏杉木萌芽林最低。

各种森林类型林下土壤有效 B 含量差异较小, 以次生栓皮栎林和 25 年生杉木林最高, 5 年生二荏杉木萌芽林最低, 其它森林类型基本相同。有效 Mo 在次生栎林土壤中含量最高, 火炬松林次之, 毛竹林和杉木林土壤含 Mo 量较低。栎林中的有效 Cu 的含量为 2.33 mg/kg, 远高于其它森林类型: 比 25 年生的杉木林高 206.0%, 比火炬松林高 247.9%, 比毛竹林高 258.5%。栎林和毛竹林土壤有效 Zn 含量较高, 分别为 2.36 和 2.09 mg/kg。5 年生二荏杉木萌芽林最低, 这可能与淋洗有关。Fe 在栎林中的含量最多, 其次是 25 年生的杉木林和火炬松林, 毛竹林和 5 年生的二荏杉木萌芽林含 Fe 量稍低一些。Mn 在栎林中的含量高于 25 年生火炬松林和杉木林; 毛竹林林下土壤中有有效 Mn 含量较低, 含量最小的为 5 年生二荏杉木林。

次生栓皮栎林林下土壤各微量元素含量均比其它森林类型高, 表明其具有较强的培肥土壤的能力。二荏杉木林中除 Fe 和 Mo 以外, 其它各元素含量均为最低。这主要是因为其林下土壤几年前经过了炼山、翻垦和割灌等, 造成了土壤冲刷和有效微量养分的淋洗损失。在以后的森林经营中, 应尽量避免一些可能造成土壤养分损失的营林措施。

## 4 结 论

(1) 宁镇丘陵区森林土壤中全 B、Zn、Mn 含量很低, 均低于全国平均水平, 该地区属低 B 区。全 Mo、Cu、Fe 含量丰富。各微量元素全量(Cu 除外) 在土壤中的分布规律因元素种类和森林类型而异。

(2) 宁镇丘陵主要森林类型土壤中有有效 B、Mo、Cu 含量很低, 该地区属于 B、Mo、Cu 缺乏区; Zn 的含量稍高一点, 该地区土壤基本不缺 Zn; Fe 含量较为丰富, 远高于临界值; 该地区土壤中的活性 Mn 浓度过高, 导致 Fe/Mn 比例严重失调。似有必要采取措施降低土壤中有效 Mn 的含量。

(3) 各微量元素有效量在该地区土层中的分布规律因元素种类而异, 少数元素还与森林类型有关。

(4) 影响该地区森林土壤中微量元素有效量的主要土壤因子是微量元素总量、有机质和速效 P 的含量。

(5) 不同森林类型林下土壤各微量元素的有效量有较大差异。以 25 年生的次生栓皮栎林土壤中各微量元素有效量最高, 5 年生的二荏杉木林由于经过了炼山和全垦等, 易受淋洗损失的各元素(B、Zn、Cu、Mn) 有效量均为最低。

### 参 考 文 献

- 1 Luo Ruying, Gao Zhiqin. Effects of Chinese fir, loblolly pine and deciduous oak forests on nutrient status of soils in Northern Subtropics of China. *Pedosphere*, 1994, 4(1): 1~10.
- 2 厉婉华. 栓皮栎、杉木和火炬松根际与非根际土壤 N 素及 pH 差异的研究. *南京林业大学学报*, 1996, 20(2): 49~52.
- 3 高志勤, 罗汝英. 宁镇丘陵区森林土壤渗漏水的性状. *南京林业大学学报*, 1994, 18(2): 7~12.
- 4 佩奇 A L, 米勒 R H. 土壤分析法. 北京: 中国农业科技出版社, 1991.
- 5 中华人民共和国国家标准局. 森林土壤分析方法(第五、六分册). 北京: 科学出版社, 1987.
- 6 熊 毅, 李庆远主编. 中国土壤(第二版). 北京: 科学出版社, 1988.
- 7 刘 铮, 朱其清. 我国缺乏微量元素的土壤及区域分布. *土壤学报*, 1982, 19(3): 209~223.
- 8 袁可能编著. 植物营养元素的土壤化学. 北京: 科学出版社, 1983.
- 9 周鸣铮编著. 土壤肥力学概论. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1985.
- 10 袁可能主编. 土壤化学. 北京: 农业出版社, 1990.

## Studies on Microelements in Forest Soil of Nanjing-Zhenjiang Hilly Regions

*Zeng Shucai Yu Yuanchun*

**Abstract** Available and total contents of microelements (including B, Mo, Cu, Zn, Fe and Mn) in forest soils of Nanjing-Zhenjiang hilly regions were analyzed, and contents of total N, available P, K, organic matter, pH values and mechanical composition of soils were also studied. Results showed that total contents of B, Zn, Mn in this region were all lower than the average contents of the whole country, and those of Mo, Fe, and Cu were relatively high. The distribution regularity varied among the forests and was different among the elements. The contents of available B, Mo and Cu were very low, that of Zn was a little higher, and those of Fe, Mn were rich in the regions. Contents of available microelements were mainly affected by total contents of microelements, O. M. and available P contents. The variance on the availability of various microelements in soils of different forests was also studied in the paper.

**Key words** Nanjing-Zhenjiang Hilly Regions forest soils microelement total contents available contents