

川西北草原土壤微量元素的供给能力*

杨 定 国

(中国科学院成都山地灾害与环境研究所)

提 要 根据 110 余个表层土壤样品微量元素含量的测定结果和通用的土壤微量元素缺乏临界值指标,探讨了川西北草原土壤微量元素的供给能力以及与之有关的含量水平、有效性及其影响因素。统计计算结果表明:川西北草原土壤有效硼和锰含量很低,硼、锰缺乏较为严重和普遍;有效锌含量不高,约有 1/4 的土壤供锌不足;有效铜和铁含量丰富,基本上不缺。

关键词 川西北草原 土壤微量元素 丰缺程度

川西北草原是我国的五大重要牧区之一,四川最重要的畜牧业基地。研究其土壤中微量元素的含量水平,明确其供给能力,揭示其有效性以及影响因素,有助于采取适当措施调控其生境化学质量,藉以改善和协调其微量元素的营养水平,维护人畜健康。同时,对指导这一地区因地制宜地推广使用微量元素肥料,促进牧草生长发育和提高其产量与品质,推进畜牧业不断发展亦具有重要的生产实践意义。

近年来,在进行川西横断山区土地类型和土地资源调查研究过程中,对川西北草原地区(本研究的区域范围主要是北纬 30°以北,壤塘—乾宁一线以西的川西北高原部分)土壤样品微量元素的含量作了测定。据此来论述该地区土壤微量元素的供给能力,以及与之有关的含量水平、有效性及其影响因素。

一、土壤样品的采集与分析

土壤样品的采集 按土壤类型和成土母质类型,在境内 110 余个地点采集表层样品和剖面样品(以发生层次分层取样)。采样地点选在地形比较平缓,植被组成与发育较有代表性,土壤发育较好的地方。

分析方法 微量元素全量为等离子发射光谱测定,灵敏度 10^{-7} — 10^{-6} ,精确度 90—96%;有效硼为沸水提取,姜黄素比色法测定;有效锌、锰、铜、铁为 DTPA + CaCl_2 + TEA 溶液提取,原子吸收分光光度计测定。

*野外采样工作先后得到李和子、高生淮、王本善、文传甲、李光华等同志帮助;土壤样品有关项目分别由金爱珍、何昌慧、殷义高、冷孝莉、吕瑞康、吴桂春、袁培德、严丽媛、陈孔明、邱礼蓉、高凤等同志分析。谨此一并致谢!

二、结果与讨论

(一)川西北草原土壤中微量元素的含量分布

土壤中微量元素供给不足的原因,归结起来大致有两种:一是土壤微量元素全量含量过低;二是不良的土壤环境条件阻碍其中的微量元素向可供植物吸收利用的有效形态转化^[1]。因此在土壤微量元素供给能力研究中,其全量和有效态含量水平以及分布特征的研究是非常重要的基础工作。

1. 川西北草原土壤微量元素的含量水平

川西北草原地处偏僻的川西北高原,远离经济发达和现代工业集中之地,地方工业极度贫乏,其环境基本上属尚未受到污染的自然状态地区。人类对环境的影响仅限于相当原始的游牧活动,这对环境化学质量的干扰作用显然甚弱。因此本研究报道的微量元素全量含量具有土壤环境背景值意义。

据 110 余个表层土壤样品的测定结果,川西北草原土壤微量元素的全量含量见表 1。与现有一些土壤文献报道的世界土壤和我国土壤的含量^[1-4]相比,川西北草原土壤各微量元素的全量含量有高有低,其中全硼含量很高,全锌和全锰含量相对稍低,全铜和全铁含量与之相近,但均属一般土壤的正常含量范畴。

表 1 川西北草原土壤微量元素的全量含量(ppm,深度 0—20 厘米)

Table 1 Total content of trace elements in soils from northwestern Sichuan grassland (ppm, 0—20cm depth)

元 素	硼(B)		锌(Zn)		锰(Mn)		铜(Cu)		铁(Fe)	
	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}
高山草甸土	72.0—120.0	95.9	56.0—100.0	81.6	774.0—1030.0	816.7	10.5—25.0	17.4	28920—93713	39112
高山草原土	180.0—300.0	220.6	37.5—142.0	69.4	115.0—1542.8	583.4	7.5—66.3	19.8	12013—47180	24972
亚高山草甸土	195.0—273.0	198.8	61.3—90.0	74.7	612.6—951.5	737.2	15.0—37.5	26.0	29930—40960	34262
亚高山草原土	96.0—148.0	105.0	45.5—96.3	77.8	628.6—854.7	708.6	23.8—39.5	26.6	28240—40080	32621
合 计	72.0—300.0	166.0	37.5—142.0	75.4	115.0—1542.8	736.3	7.5—66.3	21.5	12013—93713	33917

注:R 为含量范围; \bar{X} 为平均含量(后文同此)。

由表 1 可见,川西北草原土壤全硼平均含量为世界土壤全硼平均含量(8ppm)的 20.5 倍,是我国土壤全硼平均含量(64ppm)的 2.6 倍;全锌平均含量高于世界土壤全锌平均含量水平(50ppm),而低于我国土壤全锌平均含量水平(100ppm);全锰平均含量低于世界土壤全锰平均含量水平(850ppm),而略高于我国土壤全锰平均含量水平(710ppm);全铜平

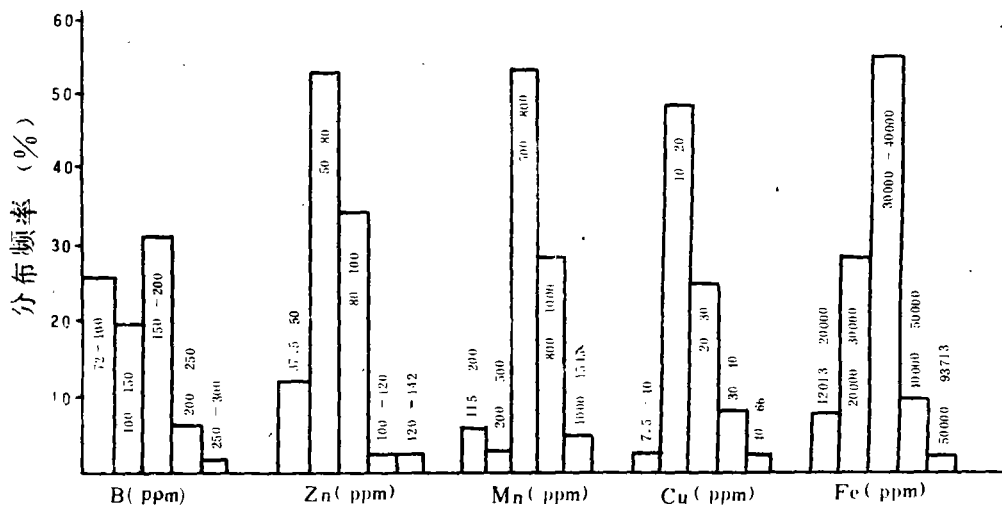
均含量与世界土壤和我国土壤全铜平均含量水平(分别为 20ppm 和 22ppm)相近;全铁平均含量低于世界土地全铁平均含量水平(40000ppm⁽⁵⁾)。

与邻近的四川盆地土壤微量元素硼、锌、锰、铜全量含量(分别为 80.7ppm, 112.8ppm, 641ppm, 33ppm)^(6,7)相比,川西北草原土壤中硼、锰、铜的含量相对较高,而锌的含量则相对偏低。

2. 川西北草原土壤微量元素的分布特征

据文献报道,土壤中各微量元素的含量变幅很大,其差异可达百倍乃至逾千倍⁽¹⁾。但川西北草原土壤中各微量元素全量含量的变幅较小,其平均含量在不同土壤类型间的差异均不足 1 倍;且所测土样各元素的极端含量值即最高值与最低值的差异亦仅在 4—14 倍范围内波动,其中硼的差异约 4.2 倍,锌的差异约 3.8 倍,锰的差异约 13.5 倍,铜的差异约 8.8 倍,铁的差异约 7.8 倍。

土壤中各微量元素的含量范围和平均含量的变异,大体上反映了土壤微量元素的分布趋势,而不同含量级段的频率分布更显示出土壤微量元素含量的分布特征(附图)。



附图 川西北草原土壤微量元素全量分布频率

Figure Distribution frequency of total content of trace elements in soils from northwestern Sichuan grassland

由附图可见,川西北草原土壤微量元素全量含量的分布频率较为集中。所测土样中,全锌含量在 50—100ppm 范围内的样点数约占 86%,全锰含量在 500—1000ppm 范围内的样点数约占 90%,全铜含量在 10—30ppm 和全铁含量在 20000—40000ppm 范围内的样点数均约占 82%。相比之下,全硼的分布频率则较为离散,分别在 72—100, 100—150 和 150—200ppm 三个级段含量范围内出现相对峰值,但分布频率均不高,分别仅为 25, 19 和 31%。

土壤中的微量元素主要来源于成土母质,其含量受成土母质和成土过程的影响。成土母质决定了土壤微量元素的初始含量,成土过程又改变了这些元素的含量状况。因此不同

土壤类型微量元素的含量分布往往各异。川西北草原土壤各微量元素平均含量的土壤类型序列不尽相同(见表 1)。该区成土母质对土壤微量元素含量影响的基本趋势是:灰岩、页岩和千枚岩发育成的土壤中微量元素含量较高,冰碛物、板岩和片麻岩发育成的土壤中次之,砂岩和花岗岩发育成的土壤中通常较低。

(二)川西北草原土壤微量元素的有效性

土壤有效态微量元素的含量水平及其有效率的高低,是土壤微量元素有效性的重要标志。土壤微量元素的有效性受土壤类型、酸碱度(或 pH)、有机质含量、氧化还原电位、理化性状以及人类活动(耕种和施肥)等多种因素综合影响。

1. 川西北草原土壤有效态微量元素含量

据 110 余个表层土壤样品的测定结果,川西北草原土壤各有效态微量元素的含量列于表 2。

表 2 川西北草原土壤有效态微量元素含量(ppm)

Table 2 Content of available trace elements in soils from northwestern Sichuan grassland (ppm)

元 素	硼(B)		锌(Zn)		锰(Mn)		铜(Cu)		铁(Fe)	
	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}
高山草甸土	0.006— 0.972	0.401	0.400— 4.480	2.056	2.045— 55.000	10.900	0.182— 1.623	0.907	20.68— 314.5	162.5
高山草原土	0.022— 1.136	0.464	0.398— 3.360	1.446	0.696— 12.268	4.271	0.146— 5.374	0.967	8.75— 492.2	118.6
亚高山草甸土	0.070— 1.148	0.455	0.852— 2.415	1.509	0.482— 4.186	1.537	0.287— 1.080	0.658	0.70— 94.9	15.8
亚高山草原土	0.144— 1.325	0.531	1.067— 2.547	1.761	0.984— 4.448	1.662	0.669— 1.447	0.982	3.29— 15.9	7.5
合 计	0.006— 1.325	0.453	0.398— 4.480	1.692	0.482— 55.000	5.106	0.146— 5.374	0.842	0.70— 492.2	75.7

表 2 资料说明:川西北草原土壤有效硼平均含量低于土壤缺硼临界值(0.500ppm);有效锰平均含量低于土壤缺锰临界值(7.000ppm),而接近于土壤严重缺锰的浓度指标(5.000ppm);有效锌平均含量高于土壤缺锌临界值(1.000ppm),而接近于锌缺乏边缘值(1.500ppm);有效铜平均含量高于土壤缺铜临界值(0.200ppm);有效铁平均含量高于土壤缺铁临界值(4.500ppm^[9])。

同时还可看出,川西北草原土壤有效态微量元素含量的变幅较大,各元素的平均含量因土壤类型不同而异。所测土样中,各有效态微量元素的极端含量差异是:硼约 220 倍,锌约 11 倍,锰约 114 倍,铜约 38 倍,铁约 703 倍。不同土壤类型间,硼、锌、铜的平均含量差异极小,仅为 0.1—0.4 倍;锰和铁的平均含量差异稍大些,但亦只在 0.1—20.0 倍间波动,其中锰的差异为 0.1—8.0 倍,铁的差异为 1.0—20.0 倍。这说明川西北草原土壤微量元素的有效性是不均衡的。

2. 川西北草原土壤微量元素的有效率

土壤微量元素有效率系指土壤中某种微量元素的有效态含量占其全量的百分率。它是土壤中微量元素有效程度的一种反映。川西北草原土壤微量元素全量较丰富(见表 1),但其有效率不高,各有效态微量元素含量仅占其全量的很少部分。据 110 余个土壤样品的统计结果,川西北草原土壤微量元素的有效率见表 3。

表 3 川西北草原土壤微量元素的有效率(%)

Table 3 Availability of trace elements in soils from northwestern Sichuan grassland (%)

元 素	硼(B)		锌(Zn)		锰(Mn)		铜(Cu)		铁(Fe)	
	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}
高山草甸土	0.001— 0.135	0.035	1.099— 3.536	2.038	0.056— 0.485	0.210	0.765— 5.043	2.776	0.002— 0.250	0.043
高山草原土	0.001— 0.186	0.053	0.465— 6.590	2.576	0.058— 0.679	0.245	1.864— 5.788	3.841	0.009— 0.049	0.023
亚高山草甸土	0.005— 0.572	0.159	0.480— 8.000	2.657	0.231— 5.340	1.198	1.733— 8.633	5.071	0.058— 0.946	0.455
亚高山草原土	0.003— 0.326	0.062	1.437— 3.789	2.326	0.196— 6.244	1.171	0.670— 8.106	3.993	0.067— 4.097	0.672
合 计	0.001— 0.572	0.081	0.465— 8.000	2.406	0.056— 6.244	0.771	0.670— 8.633	3.932	0.002— 4.097	0.292

表 3 数据说明,川西北草原土壤微量元素硼、锌、锰、铜、铁的有效率很低,仅分别为 0.081、2.406、0.771、3.932 和 0.292%。该区土壤中微量元素有效率不高,很可能与本区地处川西北高原,海拔高,气温低,矿物分解差,土壤发育程度低,粗骨性强,pH 高等不良土壤条件,阻碍其中的微量元素向可供植物吸收利用的有效形态转化有关。

3. 川西北草原土壤微量元素有效性与土壤 pH 值和有机质含量的关系

土壤中微量元素的有效性与土壤 pH 值及有机质含量密切相关^[1,6,7]。前者影响土壤中微量元素的存在形态和溶解性或有效性,后者则对有效态微量元素具积累作用和保持作用。据 110 余个表层土壤样品的测定结果,川西北草原土壤 pH 值范围为 4.50—8.80,平均 7.48;有机质含量范围为 0.75—15.93%,平均 4.76%。本区土壤微量元素有效性与土壤 pH 值和有机质含量的关系见表 4。

表 4 资料表明:川西北草原土壤各有效态微量元素的平均含量均是 pH 值<7 的高,而 pH 值>7 的则低;且有随有机质含量增加而提高的趋势。相关计算结果也表明:川西北草原土壤各有效态微量元素的含量与 pH 值呈负相关,而与有机质含量呈正相关,相关系数 r 值在相应的样品数量下均达极显著相关水平, $p < 0.001$ 。

(三)川西北草原土壤微量元素的供给能力

土壤和植物是一个有机联系的生态系统。土壤微量元素供给能力的研究,实质上是以生态学观点,评价土壤有效态微量元素含量与植物正常生长发育所需微量元素数量水平

之间,平衡与不平衡的程度。因此满足植物正常生长发育所需求的土壤有效微量元素最低限度的含量,即常说的土壤缺乏临界值。这是衡量土壤微量元素供给能力的重要依据。

对土壤有效态微量元素的缺乏临界值指标,许多学者以多种作物为对象做了大量研究工作,并得出了一些为大家所接受的符合生产实践的结果。鉴于牧草对生境条件的要求不如作物苛刻,作物缺乏微量元素的土壤临界值指标,在草原土壤微量元素供给能力评价上具有一定的适用价值。现就借助有关学者与本研究提取剂相同所得出的土壤缺乏临界值指标^[1,3,6-10],对川西北草原土壤各有效态微量元素的供给能力或水平加以评价。

表4 川西北草原土壤有效态微量元素含量(ppm)与 pH 值、有机质含量的关系

Table 4 Relationship between content (ppm) of available trace elements and pH with organic matter in soils from northwestern Sichuan grassland

元素	pH			有机质含量(%)					
	<7	>7	r	0.2-1.0	1.1-3.0	3.1-5.0	5.1-10.0	10.1-15.9	r
B	0.540(46)	0.362(66)	-0.258	0.239(24)	0.411(18)	0.520(26)	0.539(34)	0.592(8)	0.402
Zn	1.796(46)	1.693(66)	-0.452	1.033(24)	1.485(18)	1.693(26)	2.002(34)	3.196(8)	0.662
Mn	7.989(46)	2.221(66)	-0.265	2.584(24)	3.042(18)	3.657(26)	6.808(34)	20.657(8)	0.516
Cu	0.946(46)	0.737(66)	-0.459	0.392(24)	0.911(18)	0.954(26)	0.989(34)	1.168(8)	0.258
Fe	143.536(46)	30.390(66)	-0.376	0.995(24)	13.571(18)	23.339(26)	154.964(34)	284.250(8)	0.437

注:表中数字为平均含量;()内数字为样品数;r 为相关系数。

基于川西北草原土壤有效态微量元素含量的变幅较大,其平均含量仅能反映一个总的供给能力趋势,而并不能指示各类土壤的具体丰缺状况。因为平均含量高的土壤类型,往往也存在一定数量缺乏微量元素的样品,反之亦然。显然欲较准确地指示各微量元素的具体丰缺程度,应当进一步考察各类土壤中各有效态微量元素不同丰缺程度所占的比例,以提高研究结果的实用价值。据川西北草原土壤有效态微量元素含量的丰缺程度,将其供给能力分为很高,高,中等,低,很低五级来进行评价(表5)。

由表5可见,川西北草原土壤有效硼的供给能力较低,缺硼较为普遍和严重。所测土样中,有效硼含量低于土壤缺硼临界值(0.50ppm)的样点数占64.5%,其中低于土壤严重缺硼指标(0.25ppm)的样点数约占35.7%。不同土壤类型间严重缺乏和缺乏比例的变幅分别为14.3—47.1和11.1—42.9%;各类土壤缺硼的比例介于57.2—70.6%之间。

有效锌的供给能力不高。所测土样中,有效锌含量低于土壤缺锌临界值(1.0ppm)的样点数占28.5%。这说明川西北草原约有1/4的土壤供锌不足,其中高山草原土和亚高山草甸土的缺锌比例较大,分别为46.6和35.3%。

有效锰的供给能力甚低,土壤缺锰严重而普遍。所测土样中,有效锰含量低于土壤缺锰临界值(7.0ppm)的样点数占75.0%,其中含量低于严重缺锰指标(5.0ppm)的样点数占67.9%。高山草甸土和亚高山草原土严重缺锰比例竟高达100.0%,而高山草原土和亚高山草甸土供锰不足的比例亦分别达73.4和41.5%。

有效铜的供给充裕,基本上不存在缺乏问题。所测土样中,有效铜含量低于土壤缺铜

临界值(0.20ppm)的样点数仅占7.1%。只有高山草原土和亚高山草甸土有少量供铜不足的样点,其比例仅分别为6.7和11.8%。

有效铁的供给丰富。所测土样中,有效铁含量低于土壤缺铁临界值(4.5ppm)的样点数尽管占23.9%,但存在于高山草甸土中。

表5 川西北草原土壤有效态微量元素丰缺频率的分布(%)

Table 5 Distribution of rich and deficient frequency(%) of trace elements in soils from northwestern Sichuan grassland

元素	供给能力	有效态微量元素含量标准(ppm)	高山草原土	高山草甸土	亚高山草原土	亚高山草甸土	合计
B	很低	<0.25	46.7	29.4	14.3	47.1	35.7
	低	0.25—0.50	20.0	41.2	42.9	11.1	28.8
	中等	0.51—1.00	13.3	17.6	42.9	41.1	26.8
	高	1.01—2.00	20.0	11.8	—	—	8.9
	很高	>2.00	—	—	—	—	—
Zn	很低	<0.50	13.3	—	—	11.8	7.1
	低	0.50—1.00	33.3	17.6	—	23.5	21.4
	中等	1.01—2.00	26.7	70.6	57.1	11.8	39.3
	高	2.01—5.00	26.7	11.8	42.9	52.9	32.1
	很高	>5.00	—	—	—	—	—
Mn	很低	<5.00	66.7	100.0	100.0	23.5	67.9
	低	5.00—7.00	6.7	—	—	17.6	7.1
	中等	7.01—9.00	13.3	—	—	11.8	8.9
	高	9.01—15.00	13.3	—	—	29.4	12.5
	很高	>15.00	—	—	—	5.9	3.6
Cu	很低	<0.10	—	—	—	—	—
	低	0.10—0.20	6.7	—	—	11.8	7.1
	中等	0.21—1.00	73.3	88.2	57.1	47.1	64.3
	高	1.01—1.80	13.3	11.8	42.9	41.2	26.8
	很高	>1.80	6.7	—	—	—	1.8
Fe	很低	<1.00	—	29.4	—	—	10.9
	低	1.00—4.50	—	35.3	—	—	13.6
	中等	4.51—9.00	—	11.8	16.7	—	8.7
	高	9.01—15.00	9.1	5.9	67.6	—	8.7
	很高	>15.00	90.1	17.6	16.7	100.0	58.7

三、结 论

川西北草原土壤微量元素供给能力的研究结果说明:本区土壤有效硼和锰的含量普遍很低,缺乏硼、锰的土壤分布较为广泛;有效锌含量不高,约有1/4的土壤供锌不足;有效铜和铁的含量较丰富,基本上不存在缺乏问题。由此可采取适当措施,或补充所缺乏的微量元素,以协调供需平衡;或加速改良土壤环境条件和理化性状,以促使土壤中的微量元素向可供植物吸收利用的有效形态转化。

本研究在一定程度上为川西北草原合理使用微量元素提供了科学依据。但却属首次进行,在微量元素的环境化学,植物化学,生物地球化学,土壤化学以及牧草缺乏微量的土壤临界值指标等方面尚需进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 刘 铮,1980,土壤中的微量元素——微量元素的土壤化学,中国科学院微量元素学术交流会汇刊,科学出版社,第23—51页。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所主编,1978,中国土壤,科学出版社,第405—416页。
- [3] 刘 铮,1982,我国缺乏微量元素的土壤及其区域分布,土壤学报,19(3),第209—223页。
- [4] Aubert, H., et al., 1977, Trace elements in soils. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
- [5] H. J. M. 鲍恩(崔仙舟等译),1986,元素的环境化学,科学出版社,第38—47页。
- [6] 杨定国等,1985,四川盆地土壤中微量元素的含量分布及其有效性的研究,土壤学报,22(2),第157—166页。
- [7] 杨定国等,1986,四川盆地土壤微量元素生态类型研究,环境科学学报,8(1),第8—14页。
- [8] 余存祖等,1984,土壤有效Mn(DTPA—Mn)的应用评价与临界值的探讨,土壤学报,21(3),第277—283页。
- [9] Lindsay, W. L., et al., 1978, Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42(3), 421—428.
- [10] Rule, J. H., et al., 1976, Soil labile pools of Manganese, Iron, and Zinc as measured by plant uptake and DTPA equilibrium. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40(6), 853—857.

SUPPLYING ABILITY ON THE TRACE ELEMENTS IN SOILS FROM NORTHWESTERN SICHUAN GRASSLAND

Yang Dingguo

(*Institute of Mountain Disasters and Environment, Chinese Academy of Sciences*)

Abstract

In this paper, the content, availability and deficient status of trace elements in soils from grassland in northwestern Sichuan Province are studied. The supplying ability of trace elements in soils is classified 5 types, namely, very low, low, moderate, high and very high, according to their available trace element contents and the critical deficiency values.

The analyzed results of soil samples of more than 110 sites show: the total content of trace

elements in soils of this region are richer. The range and mean value of the total contents of B, Zn, Mn, Cu, and Fe are 72—300ppm with an average of 166ppm, 37.5—142ppm with an average of 75.4ppm, 115—1542.8ppm with 736.3ppm, 7.5—66.3ppm with an average of 21.5ppm, 12013—93713ppm with an average of 33917ppm respectively. It is obvious that the total contents of B, Mn are higher than those in the soils of other region in China, however, the total content of Zn is lower than that in soils of other region in China, the total contents of Cu and Fe are approximate with those in soils of other region in China.

The content of available trace elements in soils of grassland in northwestern Sichuan Province varied greatly. The range and mean value of available B, Zn, Mn, Cu, and Fe are 0.006—1.325ppm with an average of 0.453ppm, 0.398—4.480ppm with an average of 1.692ppm, 0.482—55.0ppm with an average of 5.106ppm, 0.146—5.374ppm with an average of 0.842ppm and 0.70—492.2ppm with an average of 75.7ppm respectively. The statistical results show that the most soils are deficient in B and Mn, Zn and Fe deficiencies are found in the approximate quarter of soils investigated, Cu deficiency is only related to a few soils.

Key words northwestern Sichuan grassland, soil trace element, deficiency

《地震词典》即将与读者见面

由中国科学院成都分院传感换能研究所所长周存忠研究员等 14 位中青年学者编写的《地震词典》，将于 1989 年 10 月由上海辞书出版社出版。

该词典收集有地球物理、地球化学、地震地质、岩石力学、震源物理、地震观测技术、地震数据处理、地震成因、地震前兆、地震预报、烈度与震害、工程抗震等词目近 4000 条，并附有插图 700 幅。可供大专院校有关师生、地震工作者和地震爱好者，以及石油、地质、海洋、环境、建筑、规划、国土、电力与交通等部门的工作人员学习地震知识时查阅参考。

征订单位：中国科学院成都分院传感换能研究所。联系人：周旭地、史永祥、沈小英。单价：25.00 元。开户银行：工商银行成都跳伞塔分理处。帐号：67003576。

中国科学院成都山地灾害与环境研究所 高 柱