

大庆地区农牧业中微量元素缺乏性营养障碍的土壤根源与整治途径*

邹邦基

(中国科学院沈阳应用生态研究所)

王海廷

(大庆市农业科学研究所)

摘 要

采集2887个样品分析制图,揭示出大庆地区土壤有效态Cu、Zn、Fe、Mn的含量水平和分布规律,并对该地区不同土壤类型的微量元素含量和有效性做了分析评价,肯定了大多数土壤普遍缺Zn和一定程度上Fe、Mn供给不足,是营养障碍发生的直接土壤因素。从成土母质和成土过程造成的土壤理化性质分析了导致微量元素供给不足的原因:土壤沙化、盐碱化、高pH值、多石灰质和重碳酸盐等起主导作用。提出了改良和培肥土壤、推行合理种植制度、合理施用微量元素肥料及选种耐缺植物种和品种等整治途径。

关键词:微量元素,营养障碍,土壤,整治。

大庆是一个工、农、牧全面发展、城乡结合的综合型生态系统。随着生产的发展,大庆出现了作物产量不高、草场退化和土壤沙化、盐碱化等问题,微量元素营养障碍更成为该地区农牧业生产和生态环境保护的重要限制因素之一。本研究针对这类营养障碍,通过大批量土壤样品分析及多点田间试验,提出了整治措施。

对该地区土壤全面布点采集2887个表层样品,用DTPA提取剂(pH7.3)提取,原子吸收分光光度法^[1]测定有效态Cu、Zn、Fe、Mn含量。参考国内外临界值和分级指标进行分级^[1-2]。再以1:10万土壤图作底图,以含量分级等值线为主要依据绘制微量元素含量图。

一、大庆地区土壤微量元素含量与有效性

土壤表层微量元素的全量为:Cu 5.5—20 ppm, Zn 21—65 ppm, Fe 0.5—2.7%, Mn 260—605 ppm, 平均含量均低于世界一般土壤^[3]。

有效态微量元素含量分级结果及按微量元素分布图测算出的分布面积列于表1。可以看出,该地区有效态微量元素含量按缺乏程度由大到小的顺序为: Zn>Fe>Mn>Cu, 全区缺Zn面积达70—80%, 而缺Cu面积则很小。有效态Cu、Zn、Fe、Mn含量的地理分布, 有东部地区高于西部地区的趋势; 这和土壤沙化区分布大体一致, 但各元素具体状况各不相同。

* 中国科学院沈阳应用生态所张素纯、史奕、大庆市律金、董振举、马长羽等同志参加工作, 特此致谢。
本文于1989年2月2日收到。

表 1 大庆地区土壤有效态微量元素含量水平

Table 1 The content level of available microelements in the soil of Taching municipality

元素	样品数	项 目	含量水平评价					平均值 (ppm)
			很 低	低	中 等	高	很 高	
Cu	2883	含量范围(ppm)	<0.1	0.1—0.2	0.3—1.0	1.1—1.8	>1.8	1.02
		分布面积(%)	0.02	1.9	69.4	25.6	3.1	
Zn	2887	含量范围(ppm)	<0.5	0.5—1.0	1.1—2.0	2.1—5.0	>5.0	0.67
		分布面积(%)	76.4	17.3	4.8	1.0	0.5	
Fe	2886	含量范围(ppm)	<2.5	2.5—10	11—50	51—100	>100	9.54
		分布面积(%)	1.0	71.3	26.8	0.91	0	
Mn	2887	含量范围(ppm)	<1.0	1.0—5.0	5.1—10	11—50	>50	8.10
		分布面积(%)	0.1	7.3	80.3	12.3	0	

大庆地区现有草原面积300万亩左右,耕地(包括少量林、果地)180万亩左右,沼泽水泡地48万亩左右,是目前农林牧利用土地的三大类型。这三大类型土地的土壤有效态微量元素含量的地区差异符合上述总的地理分布规律,但耕地土壤元素缺乏的严重程度高于其它两类土地的土壤。土属分级评价的结果表明:Cu有效态含量多处于中等和高水平,其中沼泽土和沼泽盐化草甸土偏高;Mn多处于中等和低水平,其中风沙土偏低;Fe多处于较低和中等水平,其中风沙土和黑钙土偏低;Cu、Mn、Fe都有低湿地土壤向高水平分布,而沙质和岗平地土壤向低水平分布的趋势;Zn多处于很低和低水平,各类土壤都偏低,仅东北部个别地方有效Zn含量过高。

大庆地区不同土属各种微量元素有效态含量占全量的比率分别为:Cu 4.50—20.8%, Zn 0.84—2.19%, Fe 0.05—0.20%, Mn 1.59—2.77%。显然,除Cu以外,其它几个元素的有效性都是低的。在土壤微量元素全量本来偏低的基础上,有效性又如此之低,必然造成微量元素养分供给不足。这正是大庆地区植物营养障碍发生的直接土壤因素。

二、土壤微量元素供给不足的原因

大庆地区成土母质主要是苏打盐化淤积物、碳酸盐淤积物和碳酸盐沙质风积物。这些成土母质具有碱性、石灰性、多 HCO_3^- 和沙质等特点,对微量元素含量与有效性有较大影响。各种类型土壤母质层的微量元素全量为:Cu 5—23ppm, Zn 24—76.5ppm, Fe 0.45—2.75%, Mn 210—633ppm;有效态含量为Cu 0.3—1.66ppm, Zn 0.16—0.76ppm, Fe 2.32—10.5ppm, Mn 1.62—6.26ppm。按表1分级标准衡量,有效态含量除Cu以外都是较低的,尤其有效Zn含量特别低,说明成土母质和土壤微量元素供给状况有密切关系。

大庆地区成土过程的主要特点是大面积低平地的草甸化和盐碱化、岗平地的钙化和沙化以及低湿地的潜育化。大庆西部靠近泰康风沙土区,在强大的西北风吹动下,大庆境内沙化界线以平均每年0.5千米的速度扩展,已出现大面积次生沙土地。加之人为活动加强等更加重了土壤养分元素的失调。

在成土母质、成土过程和人为活动的综合作用过程中,下面一些因素对土壤微量元素的

供给状况有十分重要的影响:

1. **全量** 大庆地区大多数土壤 Zn 的有效态含量(\hat{y})和全量(x)的关系为:

$$\hat{y} = 0.001865 + 0.00963x \quad (\text{相关系数 } r = 0.7431)$$

Woltz等^[4]分析美国新泽西州土壤亦证明有效Zn和全Zn的相关系数为+0.702。世界各地沙质土、淋洗作用强的土壤普遍缺乏微量元素,直接和全量低有关。前述风沙土类的母质层和表层微量元素全量都很低,正是该地区有效态微量元素含量分布均以西部风沙区比东部低的主要原因。

2. **有机质** 该地区主要土壤有效态 Cu、Zn、Fe、Mn含量随活性有机质含量提高而呈指数曲线增加,其中Fe增加最快。可见不同土壤有机质的差异是造成上述微量元素供给状况的原因之一。

3. **pH值** pH值主要影响元素的溶解度。Cu、Zn、Fe、Mn在碱性或石灰性土壤中能形成难溶解的氢氧化物或碳酸盐、钙盐等化合物。土壤中可能产生的 $Zn(OH)_2$ 、 $ZnCO_3$ 、 ZnS 、 $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ 、 $ZnSiO_4$ 和 $ZnFe_2O_4$,其溶解度都随pH值升高而降低。升高pH值还可能降低元素的还原电位和螯合物的稳定性,从而降低其溶解度,这方面Fe最明显。由此可见,大庆地区有效态微量元素含量偏低,和该地区土壤pH值多在7.5—10.0之间有密切关系。

4. **石灰质和重碳酸盐** 微量元素缺乏多发生在石灰性土壤,Zn和Fe尤为明显。土壤石灰质产生高pH值,和元素形成碳酸盐、钙盐,并对元素有吸附固定作用,尤其是碳酸盐粘粒能强烈固定Zn^[5]。重碳酸盐可通过提高pH值和增加P、Ca溶解度来影响元素的溶解度和吸收、运转。因此,大庆地区黑钙土类、草甸土类和风沙土类的石灰质以及苏打盐碱化土壤中的 HCO_3^- 累积(HCO_3^- 占阴离子总量的50—80%),都是造成这些土壤中Zn和Fe缺乏的原因。

5. **质地和通气条件** 大庆地区大面积的沙质土壤营养元素保持能力低,通气条件好,加上该地区干旱少雨,易导致Fe、Mn沉淀而降低有效性。粘质土壤虽然全量高,但有效态含量还取决于粘土矿物的种类^[6],有些粘土矿物(如蒙脱石)对某些微量元素(如Zn)吸附固定严重^[7],而沉积、淤积物发育的盐土、碱土往往含有较多的蒙脱类矿物。然而低湿地土壤还原条件较强,有利于Fe、Mn溶解;前述有效态Fe、Mn含量在低湿地的水平比沙质和岗平地土壤高的现象与此有关。

6. **元素间的相互作用** 已知过多的P可引起Zn、Fe、Mn缺乏,N肥过多亦可加重Zn、Fe缺乏。大庆地区近年Zn缺乏严重可能和磷酸铵肥料应用不当有一定关系^[8,9]。另外,在大豆田间试验中发现,Fe和Zn任一元素缺乏时,施给高剂量的另一元素都会加重症状、引起产量曲线下降,但 $Fe(x_2)$ 、 $Zn(x_3)$ 适当配合施用则对提高产量(\hat{Y})有相互促进作用:

$$\begin{aligned} \hat{Y} = & 66.0444 + 8.7312x_2 - 2.352x_3 + 4.6125x_2x_3 \\ & - 7.6422x_2^2 - 3.0832x_3^2 \quad (F = 3.35^*) \end{aligned}$$

大庆地区土壤Zn、Fe同时缺乏,往往产生混合症状。

三、土壤微量元素缺乏性营养障碍的整治途径

1. 改良、培肥土壤, 推行合理种植制度 大庆地区沙土和沙化土占全区总面积33.7%; 土壤盐碱化遍及该地区各类土壤, 占总面积59.4%。因此, 土壤改良的重点是及早控制土壤沙化和盐碱化。对前者应采取造林防风、合理经营草场、发展畜牧业增加粪肥等措施。对后者应根据轻重程度适当采取工程措施消除盐碱危害, 并推行合理种植制度和耕作制度, 合理灌溉, 增施有机肥(包括绿肥), 改善土壤理化性质, 提高土壤肥力; 此外, 对盐碱化草场要注意牧草植物的更新复壮, 发挥植物改土作用。通过土壤改良和培肥, 微量元素供给状况必然得到改善。

2. 合理施用微量元素肥料 这是克服微量元素缺乏性营养障碍最直接有效的措施。从含量图中可查出各种元素的需肥区, 结合不同作物的特点和肥效试验资料合理配给微量元素肥料可以收到良好的效果。根据连续三年70

个点的试验, Zn肥的增产率(\hat{Y})和土壤有效

Zn含量(x)的关系为: $\hat{Y} = 36.77e^{-2.54x}$

($r = -0.8523$)。当土壤有效Zn含量大约低于0.5ppm时, 可增产10%以上, 低于0.2ppm时可增产20%(图1)。大量田间试验证明, 在大庆地区大多数土壤上Zn肥对许多农作物及牧草有明显的增产效果, Fe、Mn肥在部分土壤上亦增产显著。已确定了适宜的施用方法和剂量范围, 推广应用50万亩以上, 起到了消除缺微量元素症状, 改善植物生长, 并显著增加经济效益的良好效果。在施用微量元素方面要注意各种营养元素的配合和增加土壤微量元素与有机结合物的库容量。

3. 选择栽种适当的耐缺植物种或品种

不同的植物种或品种对微量元素缺乏的忍耐力或敏感性可能有很大差别。例如, 水稻和芦苇对淹水还原条件下高量Fe、Mn的适应力比旱作物强。在低洼地或沼泽地宜种植水稻或芦苇, 这比排水改良更为现实和经济。本研究对大庆地区现有主要玉米品种和大豆品种进行试验的结果, 发现大豆品种中“安丰1号”对缺Zn的忍耐力较强, 在缺Zn土壤上产量比其它供试品种高24.2—64.2%, 而对Zn肥的需要程度最小; 然而几个供试玉米品种对Zn缺乏都是敏感的, 施用Zn肥增产显著。选用耐缺丰产植物种或品种, 更换现有敏感品种, 是配合改土培肥和施用微量元素克服营养障碍的可靠途径。

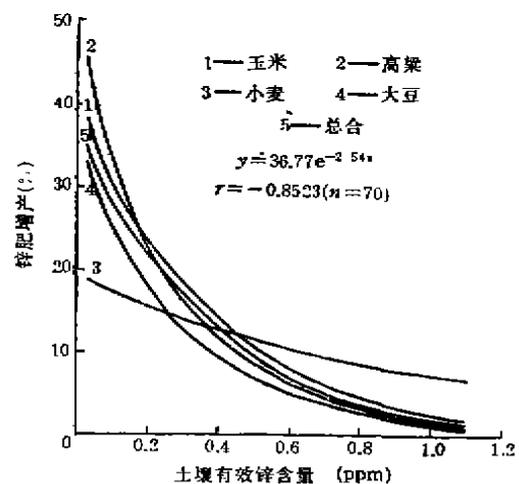


图1 大庆土壤有效锌含量和锌肥效应的关系

Fig.1 The relationship between the effect of Zn fertilization and the the available Zn Content of Soil in Taqing

参 考 文 献

- (1) Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1978, Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42:421—428.
- (2) 刘铮、朱其清等, 1982, 我国缺乏微量元素的土壤及其区域分布, *土壤学报* 19(3): 209—223.

- [3] 刘铮, 1980, 土壤中的微量元素。《中国科学院微量元素学术交流会汇刊》, 第23—55页, 科学出版社。
- [4] Woltz, S. et al., 1953, Zinc status of New Jersey soils, *Soil Sci.*, 76:115—122.
- [5] Navrot, J. and Ravikovitch, S., 1969, Zinc availability in calcareous soils. II. The level and properties of calcium in soils and its influence on zinc availability, *Soil Sci.*, 108:30—37.
- [6] Reddy, M.R. and Perkins, H F., 1974, Fixation of zinc by clay minerals, *Soil Sci.Soc.Am.Proc.*, 38:229—231.
- [7] Navrot, J. et al., 1971, Effect of soil clay type on the availability of zinc in some Mediterranean rendzina soils, *J. of Soil Sci.*, 22:1.
- [8] Adriano, D.C. and Murphy, L.S., 1970, Effects of ammonium polyphosphates on yield and chemical composition of irrigated corn, *Agron.J.*, 62:561.
- [9] Stukenholtz, D.D. et al., 1966, On the mechanism of phosphorus-zinc interaction in corn nutrition, *Soil Sci.Soc.Am.Proc.*, 30:759—763.

THE SOURCE AND CONTROL OF PLANT MICRONUTRITION DISTURBANCE IN THE SOILS OF TACHING MUNICIPALITY

Zou Bangji

(Shenyang Institute of Applied Ecology, Academia Sinica)

Wang Haiting

(Institute of Agricultural Science, Taching Municipality)

In recent years, the symptoms of plant micronutrition disturbance have been often found in Taching municipality. To counter this problem, 4 maps of contents of available microelements based on analytical data of 2887 soil samples were given, and it is illustrated that in 70—80% area of Taching soils, the contents of Cu and Mn are at medium levels, Fe at low levels, and Zn at very low levels. The contents of microelements and their available/total ratio of various soils (12 genera of 6 groups) in this district were evaluated. The soil Zn deficiency and the inadequate supply of soil Fe and Mn were established as the direct factors inducing the occurrence of nutrition disturbance. The source incurring the deficiency or inadequate supply of soil micronutrients was discussed by investigating mother material and soil forming process. The soil desertification, alkalization, high pH value, more amounts of calcic and bicarbonate etc. were recognized to be significantly contributing factors. In order to control the nutrition disturbance, the ways such as soil amelioration, cultivation of soil fertility, rational application of micronutrients, and selection of plant varieties tolerant to low level of soil micronutrients were suggested.

Key words: microelement, nutrition disturbance, soil, control,