

微量元素在农业上的应用

中国科学院南京土壤研究所微量元素组

微量元素指土壤中含量很低的化学元素,这些元素含量范围一般为 $n \times 10^{-4} - n \times 10^{-3} \%$, 即百万分之几到十万分之几。土壤学研究领域中所指的微量元素有双重意义,除了泛指含量很低的元素以外,还可以专指具有生物学意义的微量元素。具有生物学意义的微量元素是植物和动物正常生活和生长所必需的元素。植物所不可缺少的微量元素有钼、硼、锰、锌、铜、铁、钴等。近年来又证实钒也是一些植物所必需的,但是还没有证实是所有植物所必需的。随着科学研究工作的深入,具有生物学意义的微量元素会逐渐被发现而增多。

生物体中的微量元素多为酶、辅酶或一定维生素的组成成分,它们的作用机制有很强的专一性,所以是生物正常生活和生长所不可缺少的和不可相互代替的。微量元素在生物体内含量虽少,所起的作用却很大。土壤中微量元素供给不足时,农作物出现缺乏症状,产量减少,质量降低,严重缺乏时可能颗粒无收。同时,微量元素过多,又会发生中毒现象,影响农作物的产量和质量。近年来,全国各地所进行的大量试验证实,微量元素肥料在不少地区有显著的增产作用。微量元素肥料用量小,成本低,施用简便,收效大,在缺乏微量元素的土壤上施用微量元素肥料是进一步发挥农业生产潜力的有效途径。随着“农业学大寨”普及大寨县运动的蓬勃开展,我国农业必将出现更大更快的发展,对肥料也将有更多的要求。我国土壤类型和农作物种类很多,结合我国具体情况施用微量元素肥料,对于迅速提高农作物产量有一定的作用,因而应当得到足够的重视和广泛的推广。

一、微量元素的生理功能及增产作用

自从发现微量元素的作用和应用于农业生产的实践,已有近五十年的历史。尤其是近二十年,微量元素的研究和应用有较快的发展,微量元素的作用已逐渐被认识并引起重视。生产实践证实微量元素象常量元素一样都是植物所必需的,也是其它元素所不能代替的。

微量元素生理功能的研究有重要意义。微量元素肥料的效果和增产作用便是它们的生理功能的反映。

首先要提到的是微量元素与植物光合作用和碳水化合物的运转、积累有密切的关系。例如硼和锰都能增强光合作用,又如锰、锌、铁的供给不足时,植物的叶绿素减少而发生失绿现象,光合作用减弱。

微量元素在植物的氮素营养中也起着重要的作用。微量元素除了参与氮的代谢和蛋白质合成以外,还与生物固氮有关。例如,钼除了参与含氮物质代谢的最初过程——硝态氮还原作用以外,还可以促进固氮作用。钼是固氮酶的组成成分,钼的供给充足时,豆科植物根部结瘤良好,根瘤数目增多,固氮能力提高。缺钼时根瘤少而小,固氮能力下降,有时几乎不能固氮。

除了上述的与碳氮代谢有关的功能以外,有的微量元素还能促进磷及其他矿质养分的吸

收和代谢,有助于保持养分平衡,促使农作物产量和质量的提高。缺乏微量元素时,植物会发生营养失调引起生理病害,农作物产量和质量降低。

在土壤中的微量元素供给不足,不能够满足农作物的需要时,便应当施用微量元素肥料。但是,因农作物种类不同,它们的需肥特性也不同,微量元素肥料的效果因而也不相同。

钼肥的效果主要表现在豆科植物和十字花科植物上。豆科植物对钼肥有特殊的需要。从我国东北到海南岛,由沿海各地到四川的大量试验,都证实钼肥使花生、大豆、豌豆、蚕豆和豆科绿肥作物增产。钼肥能够提高豆科绿肥作物(紫云英、苕子、苜蓿、田菁、箭筈豌豆等)的鲜草重量和种子产量以及体内氮磷含量。绿肥作物含氮量的提高,说明了固氮作用的增强,意味着通过施用钼肥可促使豆科绿肥作物由大气中取得更多的氮素。绿肥是我国重要的有机肥源,所以钼肥最好优先施用在豆科油料作物和豆科绿肥作物上。此外,油菜、玉米、棉花、甜菜、柑桔、花椰菜等都因施用钼肥而增产。

硼在植物全部生长过程中都是不可缺少的,尤其是早期生长阶段和开花结实阶段。硼的供给充足时,农作物生长繁茂,开花数目增多,籽实饱满,重量增加,根系发育特别良好。此外,硼能使作物生育期提前,提早开花、结实和成熟。在北方的石灰性水稻土上和南方的酸性水稻土上施用石灰以后,硼肥使株高、穗长、分蘖和千粒重增加,根系特别发达,插秧后提前返青3—5天,成熟期亦相应提前。小麦施用硼肥后有类似的反应。硼肥还能使豆科植物增产,使豆科绿肥作物鲜草量和种子产量增加,使亚麻茎秆重量和种子产量增加,纤维质量提高,使油菜产量提高。果树例如苹果、梨、桃、葡萄以及蔬菜例如番茄、黄瓜、芹菜等都对硼肥有良好反应。硼的供给不足时,农作物生长不良,出现缺硼症状,产品产量和质量下降,严重时颗粒不收。严重缺硼现象在我国已陆续发现。例如在黑龙江曾出现大面积的小麦不结实现象,在南方许多省份的局部地区存在着甘蓝型油菜不结实现象,施用硼肥后由无收成变成有收成,或者由低产变为高产。棉花落铃现象在一定情况下也与缺硼有关。甜菜是需硼较多的作物,施硼肥能提高甜菜的产量和含糖量,反之,缺硼则使甜菜发生腐心病,导致严重减产,极度缺硼时在幼苗期即行死亡。因此可以认为对甜菜施用硼肥是提高甜菜产量、增产食糖的有效途径。

锰肥对许多农作物都有显著的增产效果,包括粮棉油糖以及果树蔬菜等。锰参与植物体中氮的代谢过程和氧化还原过程,并且与叶绿素的合成有关。锰的供给不足时,叶绿素含量降低,叶片出现失绿现象,农作物产量降低。田间试验证实锰肥使小麦、玉米、马铃薯、甘薯、花生、大豆、豌豆、豆科绿肥作物(苜蓿、苕子、箭筈豌豆、田菁等)、棉花、油菜、甜菜、烟草增产,其中以小麦的增产效果最为显著。除了小区试验以外,在江苏省铜山县进行的大面积锰肥试验也获得良好的增产效果。全县各公社共有150,000亩麦田施用了锰肥,同时并在24个试验点进行对比试验,增产幅度为6.0—38.2%,平均增产11%。此外,甜菜是需锰最多的农作物,锰肥对甜菜的增产效果亦很显著。

锌肥主要应用于水稻、玉米、一些豆科植物以及果树(柑桔、苹果、桃)等对锌敏感的作物。在石灰性土壤上,锌使水稻和玉米增产。近年来亚洲的水稻种植国家陆续发现水稻缺锌现象,施用锌肥后产量提高,是值得注意的增产措施。

铜与植物繁殖器官的形成有密切的关系。缺铜时,谷类作物的穗和芒发育不全,有时大量分蘖但不抽穗或者穗数很少,其中以小麦、大麦和燕麦为最敏感。

铁虽然是地壳里分布得最广的元素之一,土壤中含有大量铁,但是由于酸碱度的影响,在石灰性土壤上对植物有效态铁却往往感到不足,许多植物尤其是果树存在着缺铁失绿现象。

在盐碱土上尤其突出。铁肥效果最好的除了果树以外,还有大豆、高粱及其他谷类作物。

二、土壤中微量元素的供给情况

土壤是植物所需要的微量元素的主要来源。土壤中或多或少都含有这些微量元素,但是不一定能够满足植物的需要。土壤中的微量元素供给不足的原因有两种:有的是土壤中微量元素的含量过低,有的是由于不良的土壤条件的影 响,使土壤中的微量元素成为植物不能吸收利用的状态。

土壤中各种微量元素的含量变幅很大,由于土壤类型和成土母质不同,微量元素含量的波动可达一百倍甚至超过一千倍(图1),而各类土壤中的常量元素的变化则很少超过五倍。成

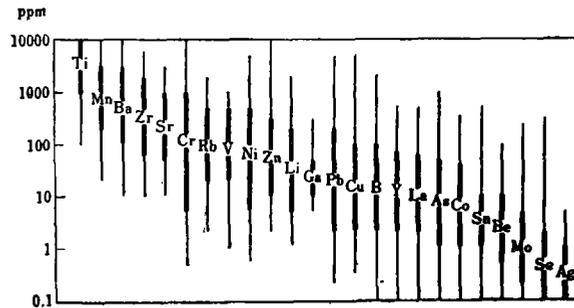


图1 土壤微量元素的含量

注:粗线代表一般含量范围,细线代表最高和最低含量

土母质对土壤的微量元素含量的影响很突出,例如华中丘陵区红壤的平均含硼量按成土母质可排列成下列顺序:

石灰岩(136ppm) > 红色粘土(101ppm) > 紫砂岩(62ppm) >
红砂岩(32ppm) > 千枚岩(23ppm) > 花岗岩(7ppm)

华南的砖红壤、砖红壤性红壤和红色石灰土的平均含硼量按成土母质可排列成类似的顺序:

页岩(171ppm) > 石灰岩(68ppm) > 花岗岩(18ppm) >
片麻岩(15ppm) > 板岩(10ppm)

在花岗岩和片麻岩发育的土壤中硼的含量较低,植物有可能发生缺硼现象。在砂岩发育的红壤中各种微量元素含量都比较低,可观察到各种各样的微量元素缺乏症状。

对微量元素供给情况产生重要影响的土壤条件有土壤酸碱度、氧化还原电位、通气性和水分状况等。其中以土壤酸碱度的影响最为突出。土壤中的铁、锰、锌、硼的可给性因土壤pH值升高而降低,钼则有相反的趋势。所以在石灰性反应的土壤上常常出现铁、锰、锌、硼的缺乏现象,而在酸性土壤上则常常出现钼的缺乏。在酸性土壤上施用石灰有时会引起“诱发性缺乏”,出现缺锰缺硼现象,便是土壤酸碱度对微量元素可给性的影响的最明显的证据。

上述情况说明在施用微量元素肥料时,有必要考虑土壤类型和土壤条件。微量元素肥料的效果,只有在一定的土壤和土壤条件下才会表现出来,而不是在各种土壤上对所有的农作物都要施用微量元素肥料。微量元素肥料的施用是有选择性的,应当按土壤中微量元素的供给情况分区进行。土壤中微量元素的供给情况由它们的含量、状态和分布情况来决定,是施用微量元素肥料的依据。

现将微量元素供给情况与土壤和土壤条件的关系举例说明如下:

硼是发现得最早的微量元素。根据现有资料,我国土壤含硼量由痕迹—500ppm,平均含量是64ppm,含量变幅很大。一般的情况是由沉积岩发育的土壤含硼比火成岩发育的土壤多,干旱地区土壤含硼比湿润地区土壤多,滨海土壤比内陆土壤多。盐土可能有硼酸盐的浸渍现象存在,所以含硼也比较多。我国含硼最多的是西藏地区的土壤,最少的是华南的花岗岩所发育的红壤,并且反映出由北向南逐渐减少的趋势(表1)。另外,有的土壤含硼量虽然很高,但是对植物有效态硼不一定多,黄土母质发育的土壤和第四纪红色粘土发育的红壤都属于这种类型,硼肥常常会有良好的效果。在酸性土壤上施用石灰,使硼的可给性降低,更加重了农作物对硼肥的需要。对植物有效态硼用水溶态硼表示,缺硼临界含量约为0.5ppm,少于临界含量时农作物对硼肥可能有一定的反应。例如黑龙江省小麦不结实的缺硼土壤和浙江省油菜不结实的土壤,水溶态硼一般少于0.3—0.4ppm。而在内陆盐土和滨海盐土中,水溶态硼常接近或高于1ppm,在这些土壤上不需要硼肥。

表1 我国一些土壤的含硼量

土壤类型	成土母质	采土地点	含硼量(ppm)		水溶态硼(ppm)	
			含量范围	平均含量	含量范围	平均含量
高山草原土、高山草甸土、棕壤、黄棕壤等		西藏珠峰地区	22—500	154	*	
垆土、黑垆土、黄绵土等	黄土	陕西关中地区	32—128	80	0.10—0.40	0.29
黄棕壤及水稻土等	下蜀黄土	江苏南部	51—110	85	0.02—0.22	0.09
黄潮土、青黑土等	黄河、淮河冲积物	江苏北部	15—72	47	0.38—1.73	0.69***
红壤	第四纪红色粘土、千枚岩、花岗岩、砂岩、石灰岩等	江西、浙江西部、福建北部	<4—145	62	0—0.58	0.14
砖红壤、红壤、砖红壤性红壤	花岗岩、片麻岩、玄武岩**	广东	5—100	21	0.02—0.35	0.29

* 未测定; ** 其他母质不包括在内; *** 部分土壤含有盐分,水溶态硼因而偏高。

钼是土壤中含量较低的微量元素。根据现有资料,我国土壤含钼量为0.1—6ppm,平均含量是1.7ppm。土壤中钼的供给情况在一定程度上受成土母质和土壤条件的影响。例如花岗岩发育的土壤中含钼量较高,黄土母质发育的土壤中含钼量较低。在红壤化过程中钼有富化现象,虽然含钼量高(尤其是花岗岩发育的红壤),但是可给性低,钼肥仍然有良好的肥效。在石灰性土壤中钼的可给性虽然比较高,但是假若全钼量低,植物仍有需钼的要求,黄土母质发育的各种土壤便常常出现这种情况。表2是一些土壤的含钼量,对植物有效态钼都比较少,一般都低于0.15—0.20ppm的缺钼临界含量。我国南方的红壤和北方的黄土母质发育的土壤以及黄河冲积物发育的土壤分布得很广,面积很大,钼肥的应用是有广阔的前景的。

锰是土壤中含量最高的微量元素。根据现有资料,我国土壤含锰量为47—3000ppm,平均含量是710ppm。土壤中的锰的供给情况受土壤条件的影响最为突出,主要受土壤酸碱度、氧化还原电位、通透性和水分状况的影响。缺锰土壤的pH值一般都大于6.5。所以南方的酸性土壤和北方的石灰性土壤反映出两种不同的情况,南方的红壤不只是锰的含量高,而且可给性

表2 我国一些土壤的含铝量

土壤类型	成土母质	采土地点	含铝量 (ppm)		有效态铝含量 (pp.m)	
			含量范围	平均含量	含量范围	平均含量
垆土、黑垆土、黄绵土等	黄土	陕西关中地区	0.4—1.1	0.7	0—0.32	0.11
黄潮土、青黑土等	黄河、淮河冲积物	江苏北部	0.4—2.6	0.8	0—0.25	0.07
黄棕壤、水稻土等	下蜀黄土、湖积物	江苏南部	0.3—1.4	0.8	0—0.19	0.07
红壤	第四纪红色粘土、千枚岩、砂岩、石灰岩、花岗岩等	江西、浙江西部、福建北部	0.4—3.9	1.4	0—0.65	0.15
砖红壤、红壤、砖红壤性红壤等	花岗岩、片麻岩、玄武岩、板岩等	广东	0.3—5.1	3.0	0.5—0.32	0.16

也高,一般情况下能够满足植物的需要,水稻土尤其是这样。但是如果大量施用石灰,锰的可给性下降,有时会发生“诱发性缺锰”,施用锰肥也可能有一定的效果。北方的质地较轻的石灰性土壤中,锰的可给性很低,表层几乎不存在代换态锰,易还原态锰也很少,植物经常发生缺锰症状,锰肥肥效良好。土壤中的代换态锰是二价锰,是对植物有效的,易还原态锰是较高原子价的锰,还原成二价以后也可以被植物吸收利用,二者的总合称为活性锰,都是对植物有效的。活性锰与全锰的比率,也反映出锰的可给性,我国的江苏北部徐州淮阴地区的石灰性土壤,活性锰与全锰的比值小于0.10的占53%,可给性是很低的;江苏南部的中性到微酸性土壤便有相反的趋势,可给性较高(表3)。因而可以认为锰肥的有效地区,主要是在我国北方,例如黄淮海平原、黄土高原等。

表3 我国一些土壤的含锰量

土壤类型	采土地点	土壤反应	代换态锰 (ppm)	易还原态锰 (ppm)	全锰 (ppm)	活性锰/全锰		
						<0.10	0.10—0.20	>0.20
黄潮土、青黑土等	江苏北部徐州、淮阴地区	碱性	0—8.4 平均值1.1	15—292 平均值89	262—662 平均值425	53%	33%	14%
黄棕壤、水稻土等	江苏南部	中性到微酸性	0—48.8 平均值7.5	3—710 平均值175	200—1500 平均值741	12%	29%	59%
红壤	浙江西部、江西、福建北部	酸性	痕迹—39.0 平均值4.9	3—856 平均值119	47—2270 平均值640	—	—	—

三、微量元素肥料的应用

微量元素是植物所必需的营养元素,土壤中微量元素供给不足时,便应施用微量元素肥料。但微量元素肥料的施用,必须在氮、磷、钾肥的基础上才能发挥它的作用。微量元素肥料的品种很多,例如易溶的微量元素肥料、含有微量元素的常量元素肥料、含微量元素的工业废弃物等。最常用的是易溶的化合物例如钼酸铵、硼砂、硫酸锰、硫酸锌等,可用作基肥、种肥、追肥、根外追肥和种子处理等。含有微量元素的常量元素肥料,是以常量元素作为载体的混合肥料,例如含钼过磷酸钙、含硼过磷酸钙、含锰过磷酸钙等。也有制成多元素的复合肥料的,例如磷酸铵锰、磷酸铵锌等。这些多元素的肥料可以解决微量元素不易均匀施用的困难,尤其适于机

械化施肥。随着我国工农业生产的发展,利用含有微量元素的工业废弃物例如下脚、废渣、炉渣、选矿尾砂等作为微量元素肥料,是化废为宝、化害为利、实行综合利用的新途径。我国各地的试验结果说明,含钼、锰或硼的工业废渣都可以做为肥料,或者作为制造微量元素肥料的原料。增产效果良好。但是这些废弃物的成分比较复杂,可能含有有害物质,必须经过详细分析和田间试验以后才可以使用,并且由于溶解度较低,一般用作基肥或种肥。

我国农业飞跃发展,对肥料品种和数量的要求不断的增加,其中也包括了微量元素肥料。为了推进微量元素肥料的应用,有必要根据我国的耕作制度、针对土壤类型、农作物种类和资源等情况,安排微量元素肥料的生产 and 示范推广,做到分区施用微量元素肥料,达到提高农作物产量和质量的目的,为发展我国的社会主义农业作出贡献。

[上接 194 页]

- [5] 上海第一医学院中山医院中心实验室等,中华医学杂志, **55**(1975), 49.
- [6] Beaumont, J. L., *et al.*, *Bull. WHO.*, **43**(1970), 891.
- [7] 上海第一医学院中山医院等,影响血脂的若干素的研究(未发表).
- [8] Keys, A., *et al.*, *J. Clin. Invest.*, **29**(1950), 1347.
- [9] Bortz, W. M., *et al.*, *Ann. Int. Med.*, **80**(1974), 738.
- [10] Carlson, L. A., *et al.*, *Acta Med. Scand. suppl.*, 1968, 493.
- [11] Lewis, B., *et al.*, *Lancet*, 1974, 1, 141.
- [12] Schaefer, L. E., *Amer. J. Med.*, **36**(1964), 626.
- [13] A council statement: Diet and coronary heart disease. *J. A. M. A.*, **222**(1972), 1647.
- [14] Klör, H. U. und Ditschuneit, H., *Die Epidemiologie der Hyperlipidämien*. Med. Wschr, Münch. 115—626 1973.