

明显作用,只有与钼肥配合施用,才表现出一定的效应。

4. 在石灰岩发育的棕色石灰土上种植豆科作物,无论施用硼肥或钼肥,都无明显的作用。在第三纪红砂岩发育的红壤上,种植豆科作物,施用硼肥有一定的作用,但未达到统计上的显著水平。

微量元素在农业生产中的作用

刘 锋

(中国科学院南京土壤研究所)

微量元素又叫痕量元素,指土壤中含量很低的化学元素,含量一般不超过千分之一。植物正常生长所不可缺少的微量元素有硼、钼、锰、锌、铜、铁等。近年来又证实钴和钒也是一些植物所必需的,但还没有证实是所有植物所必需。

生物体中的微量元素多属酶、辅酶或一些维生素的组成成分,它们是生物正常生活和生长所不可缺少和不可互相代替的。微量元素在生物体内含量虽少,所起的作用却很大。土壤中微量元素的供给不足时,农作物出现缺乏症状,产量减少,质量降低,严重时颗粒无收;同时,如果这些元素过多,又会发生中毒现象,影响农作物的产量和质量。近年来,全国各地的试验证明,微量元素肥料对农作物有明显的增产作用。微量元素肥料用量很小,施用简便,省工省费。为了全面地迅速地提高我国农作物产量,微量元素肥料应得到足够的重视和广泛推广。但是,微量元素肥料不是对任何作物任何土壤都有效,所以施用之前要先了解土壤情况,预作试验,以免造成浪费。

一、微量元素的增产作用

微量元素与光合作用和碳水化合物的运转和积累有密切的关系,例如硼、锰都能增强光合作用。某些微量元素供给不足时,植物中叶绿素将减少而发生失绿现象,削弱光合作用。

微量元素在植物的氮素营养中也起着重要作用。微量元素除了参与氮的代谢和蛋白质合成外,还与生物固氮有关。例如,钼除参与含氮物质代谢的最初过程——硝态氮还原作用外,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,根部结瘤良好,固氮能力提高,缺钼则固氮能力显著下降,有时几乎不能固氮。硼也是共生固氮所必需的元素,缺硼时不只减弱固氮能力,有时完全不能结瘤。

除上述与碳氮代谢有关的功能外,有些微量元素还可以促进磷及其他矿质养分的代谢,有助于保持养分平衡,有助于农作物产量和质量的提高。例如,硼可使谷类作物籽实饱满和提高蛋白质含量,可增加甜菜含糖量和油料作物的含油量。

但是,各种微量元素因作物种类不同,增产作用也不相同。豆科和十字花科需钼最多,钼肥的效果最大。从东北到海南岛的大量试验,都证实钼肥可使花生、大豆、豌豆、

蚕豆和豆科绿肥作物增产。钼肥可以提高豆科绿肥（紫云英、苕子、苜蓿）的鲜草量、氮磷含量和种子产量。绿肥中含氮量的提高，说明了固氮作用的增强。此外，油菜、棉花、甜菜、柑桔等都可因施用钼肥而得到增产。

硼在植物的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。严重缺硼时，有的农作物只开花不结实。在我国东北曾发生大面积的小麦不结实现象，在南方许多地方也发生过油菜只开花而不结实现象，施用硼肥后生长正常，产量大幅度提高，或由无收变成丰产。棉花落铃现象在一定情况下也与缺硼有关。此外，硼肥也可以使农作物籽实饱满，千粒重增加，空瘪率降低，因而提高了产量。尤其是在施用石灰的红壤性水稻土上，硼肥不只使水稻株高、穗长、分蘖和千粒重增加，而且根系发育特别良好，插秧后提前返青3—5天，成熟期也相应提前，对于两熟制和三熟制地区有重要意义。此外，硼肥可使豆科植物尤其是豆科绿肥的鲜草量和种子产量增加，使甜菜、甘薯、马铃薯的块根或块茎增产，使亚麻茎秆重量和种子产量增加，纤维质量提高。这些情况充分说明，硼肥的应用是有广阔前途的。

锰肥对多种作物都有效，包括粮、棉、油、糖以及果树、蔬菜等。根据我国现有资料，锰肥可使小麦、玉米、马铃薯、甘薯等粮食作物增产。豆科植物需锰较多，花生、大豆、豌豆、苜蓿、田菁、苕子、绿豆等都因施用锰肥而增产。棉花、油菜、甜菜、烟草对锰肥也有良好反应。由于对锰敏感的农作物种类很多，分布地区也很广，锰肥的应用是值得注意的。

锌肥的应用主要限于水稻、玉米、棉花、一些豆类以及果树等对锌敏感的作物。在石灰性土壤上，锌肥可使玉米和水稻增产。亚洲一些水稻种植国家都发现有水稻缺锌现象，施用锌肥后产量提高。此外，柑桔、苹果、桃树等也经常发生缺锌症状，喷施锌肥可以提高果品产量。

铜肥与繁殖器官的形成有密切关系。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，其中以燕麦、小麦和大麦为最敏感。目前我国对铜肥的试验和应用还有待展开。

铁虽然是地壳里分布得最广泛的元素之一，土壤中含有大量的铁，但是在石灰性土壤上对植物有效态铁却往往不足，许多植物存在着缺铁失绿现象，在盐碱土上尤为突出。喷施铁肥后短期内复绿，有时可使产量和质量提高。

二、土壤中的微量元素供给情况

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；有的是由于不良土壤条件的影响，使土壤中微量元素成为不能被植物吸收利用的形态。前一种情况与土壤类型和成土母质有关；后一种情况是微量元素可给性降低的后果，与土壤条件有关。

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的不同，微量元素含量的波动可达一百倍甚至超过一千倍，而各类土壤中的常量元素的变化则很少超过五倍。成土母质对土壤中微量元素含量的影响很突出，例如砂岩发育的土壤中各种微量元素的含量都很低，花岗岩发育的土壤中含硼量很低，植物常常出现缺乏微量元素的症状。

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。铁、锰、锌、硼的可给性可因 pH 值升高而降低，钼则有相反的趋势。所以，在碱性反应的土壤上常常出现铁、锰、锌、硼的缺乏现象，而在酸性土壤上则会发生钼的缺乏。在酸性土壤上施用石灰后引起“诱发性缺乏”，出现缺硼缺锰等现象，便是土壤酸碱度对微量元素可给性的影响的最有力的证据。

上述情况说明，在施用微量元素肥料之前，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。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。土壤中的微量元素的供给情况由它们的含量、形态和分布情况决定，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，我国土壤的含硼量为痕迹—500ppm，平均含量为64ppm，含量变幅很大。由沉积岩尤其是海相沉积物所发育的土壤含硼一般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，滨海土壤含硼比内陆土壤多。盐土可能有硼酸盐的浸渍现象存在，所以含硼量亦可能较高。我国含硼量最高的是西藏地区的土壤，最低的是华南的花岗岩所发育的红壤。花岗岩在广东、江西南部 and 福建都有较大的分布面积，那里可能是硼肥的主要有效地区，在这些地区的酸性土壤上施用大量石灰，更会加重对硼肥的需要。另外，有的土壤含硼量虽然很高，但对植物有效的硼不一定多。黄土母质发育的各种土壤（包括长江下游的下蜀黄土发育的土壤）和华中第四纪红色粘土发育的红壤都属于这种类型，也是需要硼肥的土壤。这些土壤中含硼量高可能与较高的电气石（抗风化的含硼矿物）含量有关。近年来，在红壤地区发现油菜只开花不结实的现象与红色粘土的分布常有一定的关系，充分证实了上述判断。

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，平均含量为1.7ppm。土壤中钼的供给情况受成土母质和土壤酸度的影响。花岗岩发育的土壤含钼较高，黄土母质发育的土壤含钼较低。酸性土壤中钼的可给性低，即使土壤中全钼量较高（例如花岗岩发育的红壤），施用钼肥仍有良好的肥效。石灰性土壤中钼的可给性虽较高，但若全钼含量低，植物仍有需钼的要求，所以施用钼肥也有良好的肥效，黄土母质发育的土壤（包括长江下游的下蜀黄土发育的土壤）便属于这种类型。近年来，各地进行的大量土壤分析和钼肥肥效试验的结果表明，红壤和黄土母质、黄河冲积物上发育的土壤可能是需要钼肥的土壤。

土壤中锰的供给情况受土壤条件的影响最为突出，土壤酸碱度、氧化还原电位、通气状况和水分状况都影响锰的可给性。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。南方的红壤中不只是锰的含量高，而且可给性也很高，一般可以满足植物的需要，水稻土尤其是这样。但如施用大量石灰，锰的可给性下降，有时会发生“诱发性缺锰”，锰肥可能有一定的效果。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，植物常发生缺锰症状，锰肥效果良好。根据这些情况，可以认为施用锰肥的有效地区主要在我国北方，例如黄淮海平原、黄土高原等。

此外，各营养元素之间的相互影响（拮抗作用）也会导致微量元素的缺乏。例如，

大量磷的存在会使植物发生缺锌现象。这种情况说明了保持养分平衡的重要性。

三、微量元素肥料的施用

微量元素是植物正常生长必需的营养元素,象其他营养元素一样,既是不可缺少的,也是不可互相代替的。氮、磷、钾等常量元素不能代替微量元素,微量元素也不能代替氮、磷、钾。微量元素的施用,只有在氮、磷、钾肥的基础上进行,才能发挥其肥效,同时,在不同的氮、磷、钾水平下,农作物对微量元素的反应也不相同。低产土壤固然会缺乏微量元素,即便是在高产土壤上,随着产量的不断提高,农作物对微量元素的要求也不断提高,所以低产和高产土壤都可能出现缺乏微量元素的现象。

土壤中微量元素供给不足时,植物一般都会有一定的反应,但不一定出现缺乏症状。当严重缺乏某种微量元素时,作物发生缺乏症状,可作为判断微量元素供给状况的指标,施用微量元素肥料后症状消失,产量提高。微量元素中度缺乏(即“潜在性缺乏”)时,作物内部出现种种不正常的现象,而外部无缺乏症状,这时施用微量元素肥料,仍有一定的效应。微量元素供给充足时,作物生长正常,对微量元素肥料没有反应,只会形成“奢侈吸收”,因此不应当施用。微量元素肥料施用过多时,反而会使作物中毒,生长不良,产量下降。有些元素(例如硼)的缺乏、适量和中毒的含量差异很小,施肥时应特别注意。

微量元素肥料的施用方法很多,可作为基肥、种肥、或追肥施入土壤,也可直接向植物施用,如种子处理(浸种或拌种)和根外营养(喷施)等。直接向植物施用可避免不良的土壤条件的影响,效果常超过向土壤施肥。不过这种方法一次施肥量较小,不能满足植物全部生长过程的需要,把种子处理与根外营养相配合,常能获得较满意的效果。

微量元素肥料的种类很多,习用的肥料是易溶的化合物(如硫酸盐、氯化物等)。为了施用方便,一般将微量元素与常量元素肥料混合,以常量元素作为载体制成混合肥料,例如含钼过磷酸钙等,这样可以解决用量过少不能均匀施用的困难。随着我国工业生产的发展,利用各种含微量元素的工业废弃物例如下脚料、炉渣、选矿尾砂等作为微量元素肥料的来源,是化废为宝、化害为利,实行综合利用的新途径。经过试验,含锰、含钼以及含硼的工业废渣都可以做为肥料使用,增产效果良好。但废渣的成分比较复杂,可能含有有害物质,所以必须经过详细分析和试验后才可以使用。

为了迅速推进微量元素肥料的应用,急需安排微量元素肥料的生产,并且建立微量元素营养诊断方法,包括缺乏症状的辨识及植物和土壤中微量元素的测定技术,加以普及推广,做到按土壤类型和农作物种类分区施用微量元素肥料,以达到提高农作物产量和质量的目的。