

微量元素及其对農業 增产的作用

M. B. 卡塔雷莫夫 著

化学工业出版社

微量元素及其对農業 增产的作用

M. B. 卡塔雷莫夫著

宋振錫譯

化学工业出版社

本書簡要地介紹了硼、銅、鋅、鉍、鈷、鎳、鐵、錳等微量元素，在農業增產中的作用。要主內容包括：在各種土壤、植物中微量元素的含量，微量元素對動、植物的生理作用，以及動、植物缺乏這種元素時所發生的病害。此外，並簡單地介紹了微量元素肥料的種類、用量、施肥方法和肥效。

本書內容比較通俗易懂，可供人民公社、農場等處的技术人員及具有一般文化水平的同志閱讀。此外，本書所介紹的有關微量元素肥料的肥效試驗，則是從事農業、肥料科學研究人員的很好的參考資料。

М. В. КАТАЛЫМОВ

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

И ИХ РОЛЬ

В ПОВЫШЕНИИ

УРОЖАЙНОСТИ

ГОСХИМИЗДАТ (МОСКВА, 1957)

微量元素及其對農業增產的作用

宋振鐸譯

化學工業出版社(北京安定門外和平北路)出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第092號

化學工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

開本：787×1092·1/32

印張：1 $\frac{28}{32}$

字數：43千字

定價：(16) 0.28元

1953年12月第1版

1955年12月第1次印刷

印數：1—4000

書號：15043·0301

目 录

序 言	4
一、什么是微量元素？它对植物生活有什么作用？	6
二、硼	8
硼对植物生活的必要性	9
植物中硼的含量	9
土壤中硼的含量	11
硼由土壤中被植物带走的情形	11
植物缺乏硼时的特征	12
硼肥及其效果	16
硼肥的种类、用量及使用方法	29
三、铜	32
铜对植物的生理作用及植物缺乏铜时的特征	33
铜肥及其效果	35
四、锰	39
植物中锰的含量	39
土壤中锰的含量	40
锰对植物的生理作用及植物缺乏锰时的特征	42
锰肥及其效果	43
五、锌	44
六、钴	49
七、钼	51
八、其他微量元素	53
九、用微量元素肥料对种子进行播前处理	56
结 语	56
参考文献	58

序 言

苏联共产党第二十次代表大会的決議規定，无机肥料产量到1962年将达到1960万吨，为1955年实际产量的204%。合理地使用这样大量的肥料，可保証所有农作物的收穫量大大地增加。

与普通氮肥、磷肥和鉀肥同时对提高农产品收穫量及改善农产品质量起很大作用的，还有微量元素肥料，即含有硼、銅、錳、鋅、鋁及某些其他元素的肥料。植物对它們的需要量很小，因而称之为微量元素。

在最近20~25年內已經查明，微量元素对动、植物及人的生活有非常重要的作用。已知很多土壤中，由于沒有微量元素肥料，植物就不能維持正常发育。土壤中有时因为沒有微量元素肥料，以致影响到这样严重程度：使植物发生病害，收穫量极少。現在已經知道，植物許多病害，如：甜菜的根腐爛病（сердцевинная гниль）和中空病（дуплистость）、亚麻的細菌病（бактериод）、苹果的木栓状斑点病（пробковая пятнистость）、沼澤土上生长的禾本科植物的《白瘟病（Белая чума）》和空粒病（Пустозерность）、燕麦的灰斑病（серая пятнистость）以及植物的褪綠病（хлорозное-заболевание）等等，就是因为土壤中缺乏可被植物吸收的微量元素而引起的。施用相当量的微量元素肥料之后，不仅完全可以預防植物发生病害，并且能够保証得到很好的收穫。然而，上述的植物病害，只是在微量元素极感缺乏的情况下才出現的。在农业实践中，不那么严重缺乏微量元素的情况是比较常见的，这时虽然不能发现植物有明显的病害特征，但是发育不良，因而使收穫量降低。在这种情况下，施用微量元素肥料也是完全必需的，因为它能保証农作物的产量有很大的提高。同时在植物性食料中，微量元素的含量若充足，对人的健康也有很大意义。牲畜家禽的生产率也与飼料中微量元素的含量有关系。曾經查明，人和动物的許多疾病就是因为植

物食料中微量元素不足(有时候相反,是因为过多)而引起的。

用施加相当的微量元素肥料的方法,調剂植物中微量元素的含量,我們不仅可以提高农作物的收获量,并有可能增进人和动物的健康。所有这些事实表明,微量元素肥料在农业中应该起很大的作用。

一、什么是微量元素？它对植物生活有什么作用？

在最近30~40年以前，曾認為只要有十种元素：碳、氢、氮、磷、钾、钙、镁、铁及硫，就足够維持植物正常生长和发育的需要。这些元素确实是植物生活所需要的，但它們只是植物所需元素中的主要元素而已。哪怕是缺少所需元素之中的一种而想要栽培植物，結果都会归于失敗。

后来，經過精确的研究判明，在植物中含有70种以上的不同元素。某些科学家甚至認為，所有已知的化学元素，一般都是植物正常生长和发育所必需的，而只是由于对数量极微的元素沒有完善的檢定方法，所以一直未能发现在植物中存在着这些元素。

長時間以来在很多书中写着：在植物中发现的所有元素，除上述十种以外，任何其他元素都沒有或几乎沒有参与到植物的生活中；并且曾經認為，在植物中即使找到其他的元素，也好像是从周围环境偶然进到植物里的，沒有它們則植物的正常发育也不会受到影响。但是这种观点是不正确的。研究者们已經成功地証明，要維持植物正常生长和发育，十种元素是不够的，因此还需要許多种元素。但是想要查明这些所謂補助元素（дополнительный элемент）到底起着什么作用，却很久沒有办到。大家只是知道植物对这些《補助》元素的需要量是很小的。

为了确定哪些元素是植物营养所必需的，曾經进行过專門的試驗。这些試驗是在装着清洁的石英砂（代替土壤）或蒸餾水的容器中进行的。

如果做这样一个試驗：只使植物得到上述的十种元素，而不許植物有由根部吸收其他物质的任何可能性，那么植物的幼苗出現以后，很快就要停止生长，就要生病，甚至死亡。例如在試驗容器中試种甜菜和亚麻，虽然供給了足够数量的所有上述十种主要营养元

素，但仍然很久沒有成功。仅仅向主要营养元素中加入了含硼的物质之后，才使試驗获得成功。

现在已经确切地判明，植物发育所必需的元素，除上述十种主要元素之外，还有硼、銅、錳、鋅及鉬。此外，某些植物还需要鋁、硅、氯、碘、氟、鎳等元素。目前还不能肯定地說，这些元素都是所有植物生活絕對必需的。但是，根据最近20~30年之内所进行的試驗結果，可以推測，随着研究方法的逐步完善，将能查出植物所必需的元素要比现在所認為需要的更多。

几乎所有的《補助》元素在植物中都有，只是測定結果数量很少，約为新鮮植物重量的千分之几、万分之几、甚至十万分之几。因此，把它們叫做微量元素(микрoэлемент)，亦即《少量》元素，它与植物中含量很多的常量元素(макрoэлемент)(《大量》元素)不同。无论哪一种常量元素或微量元素，都不能以任何一种或几种其他元素来代替。若是其中任何一种元素缺乏或者严重不足时，植物就不可能生活。

从前認為，虽然某些微量元素可能是必需的，但植物由土壤中即可得到足够的数量，因此不應該与肥料一同施加这种補助元素。但这是不正确的。实际上所有的微量元素在土壤中都含有一些，并不是都能被植物所利用。植物能够当作营养利用的，只有那些可以轉入土壤溶液中的微量元素。在土壤中这样化合物的含量，通常比含有微量元素的化合物的总含量少得很多。例如，在黑鈣土中，每公斤土壤內的含硼总量为4~12毫克，而能够被植物吸收(水溶性)的硼，在每公斤土壤內总共才含有0.5~1.7毫克。

能够为植物摄取的微量元素，不是在所有土壤中都含有足够的数量。因此，为了满足植物对微量元素的需要，只好在施用含氮、磷、鉀等普通肥料的同时，也施用含有硼、銅、錳及某些其他元素的肥料。

土壤中的微量元素，有时能缺乏到这种程度，以致使植物生

病，使收成降低，或者甚至使植物完全死掉。

土壤中微量元素不足时，不仅使收成降低，并使产品质量显著地变坏。首先降低植物中微量元素的含量，因而使植物产品的成分变坏一些。利用这样劣质(根据微量元素含量)的产品供给人吃，或作为牲畜饲料，则可能引起严重的疾病。已经知道，例如：绵羊和牛的某种疾病就是由于饲料中缺乏钴和铜而发生的；人患甲状腺病(甲状腺肿)的主要原因，就是由于食物和饮水中缺乏碘而引起的等等。

某些个别元素在植物生活中的作用，将在下面比较详细地讨论。同时这里也要着重指出，微量元素对动、植物有机体中新陈代谢具有重大作用。

研究结果证明，铜、锰、锌及很多其他微量元素，含在某些酵素中，酵素是很复杂的物质，它能调节有生命的有机体中全部生物化学过程的速度。当微量元素不足时，无论是与它有关的酵素系统的正常工作，或者是有机体中的全部新陈代谢，都要受到影响。

微量元素也含于植物的其他最重要的物质中，例如含于某些维生素中，它们直接参加到碳水化合物、蛋白质及脂肪的新陈代谢过程中。在动、植物有机体中所有最主要的生活过程，在某种程度上都与各种微量元素有联系。

对于个别微量元素的生物学作用的问题，还有很多不清楚的地方。这是十分明显的，因为查明微量元素在动、植物生活中的作用和意义，乃是生物学上最困难的问题之一。

二、硼

硼在自然界中分布很广，所有的土壤、岩石、河水、湖水及海水中都含有硼。动、植物的有机体中也含有硼。硼属于所谓分散元素(рассеянный элемент)，因而少量的硼素几乎到处都可以发现。

硼对植物生活的必要性

各种硼化合物(主要是硼酸和硼砂),对种子的发芽及各种植物的生长和发育的影响,約在70年以前就已经开始研究。

长時間以来,研究者们只是注意到硼对植物的有害作用。其原因是由于試驗时硼化合物的施用量太大的緣故。例如,曾用过 1% 的硼酸溶液。这样的用量(当时看来很小)对植物是有害的。最初的时候沒有用比較稀薄的溶液进行試驗。这样就得出了不正确的結論,因而曾將硼素划归为对植物发育有害的元素。后来,当使用稀薄的硼化合物溶液时,則确定这种元素能够对植物发生良好作用。然而,不同科学家的試驗結論还存在着矛盾。某些研究者栽培植物时,沒有向养料中加入硼化合物而成功了。因此,他們將硼列为《刺激素(стимулятор)》类,即是属于对植物能发生某种刺激作用,但不是绝对所必需的元素。后来已經証明,在进行試驗之前,如果仔細地将养料、水及容器加以清淨,那么不施加硼素,植物就不可能生长。現在已經知道,有百种以上的各种农作物,其中包括亚麻、三叶草、糖用甜菜、飼料用甜菜、苜蓿、大麻、向日葵、菸草、豌豆及棉花等,沒有硼素是不能发育的。

植物中硼的含量

大約在一百年以前,就第一次在植物中发现了硼素。許多科学家已經用試驗切实地确定了硼是每个植物有机体的必要組成部分。然而,它在各种植物中的含量是不一样的,每公斤干物重的含量,由2~3毫克到几乎 100 毫克不等。在所謂乳汁类的植物中含硼比較最多,属于这类植物的有罌粟、青菜、橡胶草以及莠草中的大戟、蒲公英等。但是,甚至同样的植物其含硼量也不是固定的,在很大程度上决定于植物的成长条件。

在植物的花、叶和根中含硼最丰富,而茎中含硼比較最少。元

素这样分布在各种器官中不是偶然的，它与硼在植物中的生物学作用有关系。

土壤中的硼，能够被植物吸收的数量才有很大意义。这样的硼数量愈多，被植物吸收的硼也就愈多。为了鉴别最重要的农作物中硼的含量，兹将莫斯科省多耳哥模鲁德（Долгопруд）农业化学试验站在未施加石灰的灰化粘壤土中栽种的植物的分析结果列于表1。

植物中硼的含量

表 1

植 物	产 量， 公担/公顷	每公斤干物 重的含硼 量，毫克	植 物	产 量， 公担/公顷	每公斤干物 重的含硼 量，毫克
春麦：			三叶草：干草	39.0	25.0
籽实……	23.0	2.0	食用甜菜：		
麦草……	24.0	2.0	根……	358	12.0
大麦：			叶……	180	30.0
籽实……	20.1	2.0	冬油菜：		
麦草……	29.0	3.0	根……	414	12.0
燕麦：			叶……	230	35.0
籽实……	22.0	2.0	马铃薯：		
麦草……	39.0	4.0	块茎……	270	6.0
亚麻：			茎叶……	500	20.0
种子……	4.5	8.0	饲料用甜菜：		
麻秆……	25.0	12.5	根……	739	12.0
蕎麦：			叶……	278	35.0
种子……	18.0	10.0			
麦秆……	19.0	11.5			

在完全相同的条件下于同一地段里栽种植物，其含硼量的不同，则主要决定于植物本身的生物学特性。

由表1可以看出，在粮食作物中硼的含量很少。在甜菜和冬油菜的叶子中聚集的硼较多。在三叶草及马铃薯的茎叶中有很多这种元素，而马铃薯的块茎中的含硼量则比茎叶中为少。

土壤中硼的含量

在各种土壤的耕作层中，無論是含硼总量或者是容易被植物吸收的水溶性硼的含量，都是不一样的。在冰沼土中，每公斤土壤內发现的含硼总量仅有1~2毫克，而水溶性硼只有痕迹。灰化土虽然比冰沼土中的硼多些，但还是不足的。在灰化土中，每公斤土壤內的含硼总量为2~5毫克，而水溶性硼的含量則只有0.2~0.4毫克，換算成1公頃地，这种元素的含量則相当于600~1200毫克。

灰色森林土比灰化土中含硼較多一些，每公斤土壤內水溶性硼的含量有0.3~0.5毫克。这种元素在黑鈣土中的含量比其在灰化土和冰沼土中大得多。栗鈣土接近黑鈣土。灰鈣土比黑鈣土含硼更丰富。在所有土壤中，硷土及盐土含硼最丰富。每公斤土壤內的含硼总量为20~120毫克，水溶性硼含量为2.5~25毫克。在盐土中水溶性硼的含量有时能多到这样程度，它甚至对植物发生有害作用。

在土壤中水溶性硼的平均含量，約为含硼总量的3~10%。在冰沼土、某些泥炭土及灰化土中，水溶性硼的含量最少，这样的土壤大約占苏联全部領土的一半。硼肥主要就是施用于这些土壤。

大量的硼含在土壤上面的腐殖质层中。較深地方的含硼量通常是較少的。然而在盐渍土中，下层的含硼量可能不会很少，有时甚至比上层还多。

重粘质土壤及重粘壤质土壤，比輕砂质土壤及輕砂壤质土壤含硼丰富。施肥很好的土壤，也比有机质肥料少的土壤含硼丰富。

硼由土壤中被植物帶走的情况

各种植物形成各种不同数量的有机物质。当然，植物的单位干物重的含硼量及收获量的大小也就不是固定的，它們决定于土壤性质、使用的肥料以及耕种植物的农业技术等。

为了查明各种农作物的收获由土壤中带走硼的数量，在肥料及农药科学研究所(НИИФ)的微量元素实验室中，曾经对数百种植物标本进行了分析，这些植物是在最典型的条件下，在灰化土及黑钙土中栽种的。分析结果列于表 2。

被重要农作物收获带走的硼

表 2

植 物	产量, 公担/公顷	被带走的硼, 克/公顷
禾本科谷物:		
籽实.....	12.5~25	21~42
麦草.....	18~36	
三叶草: 干草.....	20~40	41~82
长纤维亚麻:		
种子.....	3.5~7.0	47~94
麻秆.....	20~40	
马铃薯:		
块茎.....	150~300	70~140
茎叶.....	75~150	
饲料用块根植物:		
根.....	250~500	84~168
叶.....	100~200	
糖用甜菜:		
根.....	200~400	136~272
叶.....	100~200	

由表 2 可以看出，甜菜、饲料用块根植物及马铃薯的收获，由土壤中带走硼的数量比较最多，禾本科植物需要的硼，大约比糖用甜菜小 6 倍，比饲料用块根植物及马铃薯小 2.5~3 倍。三叶草及亚麻居于这几类植物之间。并且进而判明，消耗硼素比较多的植物对硼肥的敏感性也最强。

植物缺乏硼时的特征

各种植物缺乏硼时的表现是不一样的，但也有某些共同的特征。例如，开始缺乏硼时，所有植物首先都是根和茎停止生长，而后顶部生长点出现发黄现象(所谓《褪绿хлороз》)。当严重缺乏硼时，植物则变黑，并进而枯死；使植物由叶子腋部开始发育形成丛生状态的枝芽。然而在这些新形成的幼芽上，很快地也要出现在主

茎上发生病害的所有特征。

硼不足时，影响花和种子的形成和发育。在严重缺乏硼时，害病的植株可能完全不开花，或者是比平时为少。在某些情况下，则会出现空花和子房脱落，并且不结种子(或果实)，或者也是比平时较少。此外，种子或果实数量比正常时大大降低或完全没有时，也是缺乏硼的特征。因此，在所有情况下，当出现这样的害病特征，而施用普通的氮肥、磷肥、钾肥之后仍不能消除时，则应该检查病害是否由于土壤中缺少硼而引起的。

植物缺乏硼素的特征，从施用石灰的灰化土及生草潜育土(深色的)中生长的亚麻可以看出(图1)。亚麻的这种病害通常称为细菌病，它能使亚麻种子的产量显著降低，并使纤维质量变坏。

很长时间对病害的真正原因没有弄清。曾经推测亚麻的病害是由细菌引起的。然而现在已经查明，细菌并不是亚麻害病的原因，而结果是由于缺乏硼素才使植物发生病害。正常供给亚麻以硼素，细菌病是不会发生的。因而亚麻出现细菌病时，首先表明土壤中缺少硼素，有施用硼肥的必要性。使用这种肥料时，不仅可以预防亚麻作物的病害，并能增加亚麻产量及改善产品质量。



图1 在缺硼(左)及正常(右)情况下载种的亚麻

糖用、饲料用及食用的甜菜，缺乏硼时的病害特征则是另外一种表现。病害是从叶心开始发黄，而后逐渐变黑，甚至枯死。显著缺乏硼时，根部发生腐烂。这种病称为《根腐烂病和黑茎病》。它能使甜菜发生中空现象，或者使根部几乎完全坏掉。在使用石灰的土壤以及有碱性反应的土壤中生长出来的植物，通常就要发现这种

病。由于害病的結果，則使甜菜产量显著地降低、块根植物的品质恶化、甜菜不易保存、并很快地发生腐烂。

以前認為，甜菜得病的原因是由于蛇眼病(*phoma betae*)的病菌的传染。但是曾用准确的試驗查明，病害乃是因为缺乏硼的緣故；而甜菜被細菌所感染，就是因为缺乏硼致使植物衰弱的結果。施用硼肥之后，甜菜的根腐烂病很快就消失。

在与甜菜害病的相同条件下，蕪菁和冬油菜由于缺乏硼也要出现病害。这种病害称为《心材变褐病(*побурение сердцевины*)》，使根肉发黑(变褐)，并发生中空现象。这时，根的质量变坏，其中糖分等营养物质的含量降低，使根具有粗糙的纖維結構和苦味；而且，在保存时很快就要腐烂。硼肥完全可以預防蕪菁和冬油菜发生病害，因而就能保証它們正常发育。

苜蓿缺乏硼时，則要出现《頂端发黄病(*пожелтение верхушки*)》。害病的植株，生长点枯死，頂端变黄，因而使种子产量降低，并貶低干草的飼料价值。

苹果树缺乏硼时，則要发生《苹果的內栓化病(*внутреннее опробкование яблок*)》，以及叶子的《簇生病(*розеточность*)》和頂枯病(*суховеершинность*)。內栓化病的表现是在果实肉里形成斑点，而斑点又逐渐发黑、变成褐色、进而使果实肉具有木栓的性质。干枯的木栓状斑点也能在果实的表皮上形成。簇生病的表现，是使重新形成的叶子变小，并在枝芽的末端上具有丛生的形状(果树缺乏鋅时也可以看到类似的病害)。得頂枯病时，正如病名本身所表明的那样，使果树的頂端枯萎。

与苹果树发生的內栓化病及頂枯病相似的病害，在梨树上也能发现。杏树缺乏硼时，在果实肉里形成褐色斑点，并在核的周围形成海綿状組織。菸草缺乏硼时，則得《尖枯病(*болезнь верхушки*)》：植株的生长点变黄，并且干枯，叶子停止生长，因而它們变得容易折断，并且粗厚。

其他农作物由于缺乏硼也要发生病害，例如：花椰菜（菜头变褐和腐烂）、芹菜（茎部裂开）等等。缺乏硼时栽种的芥类植株如图2所示。

除表面的病害特征之外，缺乏硼时植物的解剖构造也要发生变化，并且要影响新陈代谢作用。例如，使细胞的分裂和生长过程受到影响，以致于完全停止；使细胞的形状和大小不正常。这种现象首先可以在植物新生长的部分发现。植物输导系统的机能同样地也要受到影响，因而使新陈代谢作用恶化。

硼素对植物的碳水化合物代谢作用有很大的影响。缺乏硼素时，在叶子中则要聚集大量的糖分。糖分正常是流入到植物的其他不发生糖分的器官中，其中包括根部。能够创造大量有机物质的植物，这种现象表现得很清楚，例如甜菜、冬油菜及某些其他作物，然而它是所有植物的共同现象。

硼素缺乏时，碳水化合物的转移过程就要紊乱，因而使碳水化合物由一种形式转变为另一种形式。由于这个缘故，在叶子中则聚集多量的糖分，所以就要阻碍和破坏光合过程的进行。

硼素不仅在碳水化合物的新陈代谢过程中起着很大的作用，并且在蛋白质的新陈代谢及某些发酵过程中也起很大作用；然而，关于这种元素对植物中蛋白质的新陈代谢过程的影响，目前还没有足够的材料来得出比较肯定的结论。大家已经知道，在豆科植物的根上形成的突起物——根瘤中繁殖有一种特殊的所谓根瘤菌。

根瘤菌具有由空气中吸取氮的能力。这就可以改善豆科植物摄取氮养料的条件，并能提高土壤中氮的积存。研究结果证明，硼素缺乏或者没有时，豆科植物根上的根瘤就会发育不良，或者甚至完



图2 芥类

右—健壮的植株
左—缺乏硼时的植株

全不能发育。因此，正常供給豆科植物以硼素养料，則是保證植物由空气中吸取氮所必需的。

用專門的試驗查明，硼素在植物的全部生活过程中都是必需的，特别是在早期的生长阶段和发育阶段、以及在結果实阶段更需要硼素。

許多植物缺乏硼时，其頂端的生长点就要衰亡，但是在同一植物上比較老的器官中，例如叶子，則含有非常多的硼素，并且看来植物好像是很健壮的。所有这些表明已被植物吸收的硼素，在植物中被固定在安定的及不太活泼的化合物中，因而就已經不能再为新生的器官及正在成长的器官所利用(即是由老的組織中轉移出来)。

硼素供給充足与否，对植物中叶绿素的含量有很大的影响。叶绿素是很复杂的物质，它使植物具有綠的顏色，并在植物由二氧化碳中吸取碳的过程中，起着最重要的作用。缺乏硼素时，叶子中叶绿素的含量就要降低，因而光合作用的速度也就要减弱。

改善硼素养料的供給，可以加速植物的发育：使植物提早开花和加快种子成熟。这一点对北方地区有极大的意义。此外正常供給植物以硼素养料，又能改善蔬菜、浆果及果实的质量；提高維生素(其中包括維生素C)的含量、增加糖分、改善味道、以及增加保存时期对病害的抵抗力。

因此，虽然硼素在植物中的生理作用还有很多不够十分清楚的地方，但就所有已經掌握的資料，就足以証实这种元素在植物的生命活动过程中有着重要作用。

硼肥及其效果

在灰化土中进行了最多的硼肥試驗(因为这种土壤缺乏硼素)。

亞麻 亞麻是苏联北方非黑土帶种植的主要农作物之一。

根据試驗查明，亞麻一方面在强酸性土壤中生长不好；而另一方面，土壤中施用石灰之后，虽然可以改善其他許多作物的生长和