

微量元素肥料研究与应用

S143.7
4023

452397

微量元素肥料 研究与应用

农牧渔业部农业局编

湖北科学技术出版社

微量元素肥料研究与应用

农牧渔业部农业局编

•

湖北科学技术出版社出版 新华书店湖北发行所发行

湖北省孝感地区印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 16.25印张 2插页 396,000字

1986年10月第1版 1986年10月第1次印刷

印数：1—5,500

统一书号：16304·114 定价：3.65元

序 言

近二十年来，农业生产上对微量营养元素的研究和应用发展很快。国内如此，国际上亦如此。本世纪五十年代至六十年代，我国科研及生产部门对钼肥的研究与推广，引起了国人对微量元素肥料的重视。此后，锌、硼、锰等的应用也很快发展起来。

我国对微量元素在植物生长上的研究，起步不晚。本世纪三十年代末四十年代初，浙江农业大学罗宗洛同志做了一些研究。四十年代以来，中国科学院植物研究所崔激同志研究了微量元素，特别是锌与植物生长素的关系。五十年代，中国科学院南京土壤研究所刘铮同志研究了全国土壤中微量营养成分及其形态。近十年来，农牧渔业部农业局、化学工业部化肥司组织农业生产、科研、教学部门，开展微量元素的应用研究，促进了微量元素肥料的大面积施用，并已发展成为一项新兴事业。

农牧渔业部编的这本《微量元素肥料研究与应用》，内容丰富，有综述、翻译、调查、研究和施用微量元素肥料等论文五十篇，内容着重于微量元素肥料在农业生产上的研究和应用，基本上反映了我国农业微量元素方面的近况，对我国微量元素肥料的发展将起重要作用。

近年来，由于氮、磷化肥的大量使用、作物高产品种的选育、单位面积产量的不断提高等，使需要施用微量元素肥料的土壤大量出现。尤其是部分低产田地的障碍因素，可能属于某一种或几种微量营养元素的贫乏；在高产更高产的地块，可能由于某一种或几种微量营养元素的限制而受到阻碍。微量元素肥料的应用，对于提高我国农业生产效益正在起着越来越大的作用。

微量元素与动物健康有很大关系，某种微量元素的贫乏或过多，往往引起人类和动物的疾病。近年来国内外在医学、营养学、兽医学和动物饲料学领域中，微量元素科学发展也很快。

微量营养元素的研究必须加强。微量元素肥料的用量小，见效快，经济效益大。

微量元素的丰缺，因土壤和作物的需要而异。所有作物，对于微量元素的需要量不象对氮、磷、钾的需要量那样大，且有选择性，因此，微量元素肥料只宜施用于发现有缺素症状或根据土壤分析、植株分析，确诊为需要补充的土地上。本书收集了许多应用微量元素、取得很大增产效果的资料，是非常宝贵的。但参考应用时，需要注意土壤、作物、气候以及其它人为因素的作用，做出判断和采取措施。特别是大面积施用微量元素肥料，尤其需要认真考查和慎重研究；小面积的试用，也需要严格检查效果。本书的出版，可以指导微量元素肥料在农业生产上的应用，也显示出微量元素肥料将给人们以广阔的研究园地。

张乃凤

1986年3月

前 言

建国以来，我国微量元素肥料的试验、示范、推广工作逐步展开，取得了一定成绩。特别是近几年来，随着科学技术的不断发展和农业生产水平的提高，化肥用量剧增，微量元素肥料的补充问题日益突出。为了推动微量元素肥料的研究与应用工作迅速发展，我局组织了一些地区进一步加强微量元素肥料的试验、示范、推广工作；同时在国家经委大力支持和化工部的密切配合下，又委托中国农业科学院土肥所与湖北省农业科学院土肥所牵头，组织一部分科研单位（包括土肥、油料、果树等方面）和农业院校成立了“全国微肥科研协作组”，作为全国化肥网的组成部分。集中力量，统一部署，有计划地围绕应用上迫切需要解决的问题开展研究。几年来，经过各级有关部门共同努力，我国微量元素肥料工作取得了新的进展。据不完全统计，1984年全国施

用微量元素肥料面积达7000多万亩，比1981年增加2.5倍以上。继钼、硼、锌后，一些地区锰肥的应用提上日程；铜肥，在福建省有效铜含量低的新垦红壤、烂泥田、砂质田的水稻土上施用，取得了一定的增产效果。土壤微量元素含量概查范围逐步扩大。先后有九个省、自治区、直辖市完成了概查工作，总计概查面积占全国耕地面积的28%。为微量元素肥料的针对性施用和需要量的预测提供了科学依据。微量元素肥料研究向广度和深度发展，进一步弄清了不同地区缺素发生条件与有效施用技术；开始研究营养元素之间的关系（如磷锌、氮锌、钾硼等）和有机肥料与土壤中微量元素的关系；定位研究微量元素肥料当季利用率、残效时间、残留污染等问题；探索不同土壤、不同作物缺素临界值等。推广工作，在搞好技术培训和普及微量元素肥料科学知识的同时，组织、调剂货源，克服供销渠道不通困难，推行技术承包，一些地方做到“诊断、处方、供肥、指导施用”四结合；有的省开展微量元素肥料质量检验，维护农民利益，受到群众欢迎，从而保证了微量元素肥料工作迅速、健康发展。现在，对各种微量元素肥料的试验、示范工作已遍及全国二十九个省、自治区、直辖市，应用微量元素肥料的作物种类逐渐增多，水稻、玉米、小麦、油菜、棉花、大豆、花生、蚕豆、柑桔、苹果等已分别大面积施用锌、硼、钼肥，红麻、桑树、茶叶、辣椒、大白菜、四季豆、烟草、花卉等已开始应用锌、硼肥。随着农业生产的发展，商品率的提高，氮、磷、钾化肥用量的不断增多和农副产品直接还田数量的不断减少，微量元素肥料的施用将会进一步发展。微量元素肥料施用特点是用量少，针对性及技术性强，施用不当不仅浪费资源，而且会污染土壤、毒害作物，甚至影响人畜健康，科学施用则增产显著。为了加强微量元素肥料的宣传和资料交流工作，我局委托“全国微肥科研协作组”负责征集近年来微量元素肥料的科技成果和推广经验，汇编成《微量元素肥料

研究与应用》。本书由湖北省农业科学院土肥所谢振翅副研究员和华中农业大学王运华副教授组织编审，参加编审的还有刘昌智、尹崇仁、杨玉爱、王学贵、王淑惠等同志，中国农业科学院土肥所褚天铎、刘新保和湖北省农业科学院土肥所李家书、马朝红、邹崇敬等同志做了大量工作。

本书包括三个部分：第一部分是综合论述，介绍目前几种主要微量元素的研究进展与应用技术；第二部分是试验研究，介绍近期微量元素肥料研究报告及一些地区土壤中微量元素丰缺情况；第三部分是示范推广，介绍微量元素肥料推广工作经验和应用效益。全书内容以国内工作为主，也选译了少量国外有参考价值的文章。因限于篇幅，部分文稿只刊印摘要，文中图表和参考文献除少数保留外，一般均删除。

农牧渔业部农业局

一九八六年九月

目 录

发展中的农业微量元素和八十年代的锌素研究·····	(1)
土壤微量元素·····	(18)
植物中的微量元素·····	(40)
我国钼肥研究进展·····	(55)
水稻锌肥·····	(60)
玉米锌素营养与锌肥施用研究·····	(82)
硼肥综述·····	(92)
油菜和某些芸苔属作物的硼素营养·····	(112)
土壤和植物中的锰及锰肥在农业上的应用·····	(135)
植物的铜素营养及铜肥施用·····	(145)
湖北省土壤中锌的含量分布及锌肥应用·····	(155)

诱发缺锌条件下水稻植株中的磷和锌.....	(172)
水稻缺锌症及锌肥施用.....	(191)
玉米锌肥施用技术研究.....	(201)
玉米花白苗的同位素示踪研究.....	(213)
土壤对锌吸附固定的初步研究.....	(219)
温度与土壤有效锌含量的相关研究.....	(232)
北京地区水稻施用锌肥的产量效应研究初报 (摘要)	
.....	(241)
四川省钙质土区水稻坐蔸原因研究 (摘要)	(246)
大豆缺锌表现及锌肥施用效果.....	(253)
土壤中大剂量锌肥残留残效与生物体内锌素富集	
研究 (摘要)	(255)
土壤胡敏酸与锌、镉的竞争络合反应 (摘要)	(267)
土壤锌分组对植物的有效性及其分布状况.....	(278)
棉花潜在性缺硼指标与有效施硼的研究.....	(285)
有机肥料含硼量及其对土壤硼的影响.....	(297)
张家口地区土壤水溶性硼含量与分布.....	(307)
用固体径迹蚀刻法测定植物和土壤中硼的含量.....	(314)
先锋橙硼素试验.....	(324)
有机肥料防治油菜缺硼研究.....	(327)
甘蓝型油菜花而不实与施硼效应研究.....	(336)
我国南方三省区花生有效施用硼肥的研究.....	(346)
南丰密桔缺硼症的诊断及其防治.....	(349)
陕西省土壤中有效锰及锰肥效应.....	(355)
湖南省土壤有效锰的含量与分布.....	(361)
土壤石灰质含量与锰肥效应.....	(372)
酒泉地区石灰性土壤中锰的含量分布及锰对春小麦	
的肥效.....	(382)

河南省土壤中钼与钼肥效应·····	(388)
四川省甜橙缺铁黄化花叶病研究·····	(409)
江西省土壤微量元素含量及应用·····	(415)
北京地区土壤微量元素含量分布及其特点研究·····	(421)
从新疆耕地土壤微量元素含量展望微量元素肥料的 应用前景·····	(432)
宁夏引黄灌区土壤微量元素含量分布研究·····	(439)
四川盆地三种类型紫色土小麦施用微量元素肥料效 应的研究(摘要)·····	(449)
牧草的微量元素营养与微量元素肥料效应·····	(450)
测定土壤中重金属元素近似全量值的酸提取法的研究 ·····	(461)
福建老蔗区甘蔗施用微量元素肥料的效果·····	(472)
锌、硼、钼肥对桑树叶产量和主要元素含量的影响 (摘要)·····	(475)
土壤水分状况对微量元素有效性变化的研究(摘要) ·····	(482)
四川省微量元素肥料推广应用·····	(485)
湖北省微量元素肥料推广应用·····	(496)

发展中的农业微量元素 和八十年代的锌素研究

发展中的农业微量元素

微量元素铁、锰、硼、钼、铜、锌等作为植物营养必需元素进入农业系统始于本世纪二十至三十年代。就世界范围来说，微量元素肥料大面积施用多在六十至七十年代，近20年发展很快，施用面积不断扩大。我国近十年微肥施用面积也成倍增加，1984年已达7000万亩，估计本世纪末可达到2亿亩，将给社会带来巨大财富。同时，由于生态学、环境科学、生物地球化学、酶学、地方病学的发展，微量元素已成为土壤科学的生长点，微量元素肥料的应用也成为现代化农业集约生产的重要标志。

(一) 微量元素的研究

微量元素是植物正常生活和生长所必需，迄今在植物体中已发现的化学元素有七十多种，大多数是属于微量元素。已查明硼、锌、钼、锰、铁、铜、氯、钠等元素为植物必需微量营养元素，它们在植物体内多为酶或辅酶的组成成分，对叶绿素和蛋白质合成、光合作用和代谢作用以及氮、磷、钾的吸收利用均起重要的促进和调节作用。供应不足时，产量减少，品质降低，严重缺

乏时，甚至颗粒无收。

近年来人们还查明约三十多种微量或超微量元素在植物体中的含量（表1）。各国科学家还很重视那些尚未从农学和生理学上研究的微量元素，如碘、铝、钛、硒、硅、铷、溴、氟等。可以期望，在不远的将来，人们将会搞清这些微量元素在作物生育过程中的必要性和具体作用，其中钒、钴、碘等已查明为低等植物所必需。

表1 陆地植被一年摄取的微量元素量

元 素	植被新生部分的灰分中平均浓度 $\times 10^{-4}\%$	一年生长摄取 量（千吨）	生物吸收 系 数
Mn	4800	41400	6.86
Zn	1000	8625	19.60
Sr	800	6900	3.48
Ti	650	5606	0.2
B	500	4312	150.00
Ba	450	3881	0.66
Cu	200	1725	9.09
Zr	150	1294	0.88
Rb	100	862.5	0.56
Br	80	690.0	36.36
F	70	603.8	0.097
Pb	500	431.2	3.73
Ni	40	345.0	1.54

续表

元 素	植被新生部分的灰分中平均浓度 X10 ⁻⁴ %	一年生长摄取 量 (千吨)	生物吸收 系 数
Cr	35	310.5	1.03
V	30	258.8	0.39
Li	30	258.8	1.00
Co	20	172.5	2.74
La	15	138.0	0.33
Y	15	138.0	0.44
Mo	12	103.5	9.23
I	6	51.75	12.00
Sn	5	69.00	1.85
As	3	60.37	1.58
Be	2	17.25	0.80
Se	1	8.63	7.14
Ga	1	8.63	0.05
Ag	0.6	6.90	12.50
U	0.4	5.18	0.15
Hg	0.25	2.16	7.58
Sb	0.1	0.86	0.50
Cd	0.1	0.86	0.63

译自朵乌诺瓦里斯基 (《苏联土壤学》, 1984年第12期)

(二) 农业微量元素与生产实际需要的结合情况

三十年代欧洲一些国家发现相当多的地区缺硼，影响作物生长。甜菜腐心病比较普遍，因而展开了硼肥的研究与应用，促进了甜菜的生产。澳大利亚的维多利亚有几百万公顷缺Mo的放牧地，牧草产量极低，1.6公顷才能养活一头羊，1954年开始试验钼肥，三叶草产量成倍提高，载畜量也成倍增加。因而豆科作物施用钼肥，在全世界广泛扩展。1966年印度NeNe在田间发现水稻缺锌减产，施用锌肥即可矫正，近二十年亚洲各国都开展了水稻锌肥的研究和应用，增产很多。

微量元素的研究工作是随着服务于生产应用而发展，据CAB集的文献统计，1939年到1984年土壤微量元素研究（土壤—植物—动物系统）公开发表的论文总数超过16000篇，每年篇数以12%的速率增加，1984年的论文达800余篇。

(三) 我国微量元素营养研究和应用在农业技术改革中的发展情况

1. 高产品种的应用产生的缺素问题 湖北省六十年代末应用甘蓝型高产油菜品种取代本地白菜型油菜品种时，浠水县等鄂东沙泥土田出现“花而不实”的油菜缺硼症，施用硼肥一般可增产10~30%，严重缺硼条件下，可使无收变有收，低产变高产。近三年全省施硼面积达1740万亩（包括油菜、棉花、蚕豆等）。

吉林等省推广玉米高产良种，因而普遍出现“花白苗”等缺锌症，施用锌肥获得大面积增产效果。

2. 土地平整产生的缺素问题 云南玉溪地区新开垦梯田出现玉米缺锌症，推广应用锌肥增产很多。湖北新洲新平整地种棉花，出现“蕾而不花”的缺硼症，施用硼肥后增产显著。

3. 耕作制度的改革出现的缺素问题 湖北省七十年代大量发展双季稻，大面积普及早稻广陆矮4号和中稻691。沔阳县等江汉平原石灰性冲积土，首先出现水稻“白叶倒苗”、“矮缩苗”

等的缺锌症，施用锌肥增产显著，增产率达10~20%，每亩可增产谷80~110斤，特别是低湖田，水稻缺锌迟发比较严重，施锌增产更多。现沔阳、监利、洪湖等县已把施锌列为早、中稻主要生产技术。近三年湖北省施锌面积246万亩。

四川钙质紫色土，特别是冬水田、冷浸田普遍缺锌坐莖，施锌增产很多，河北、浙江滨海盐土施锌效益也高。水稻施锌面积都在100万亩以上。

4. 农业集约化生产的发展导致的缺素问题 大面积缺硼表现由对硼极敏感的油菜(六十年代)发展到中度敏感的棉花(七十年代)作物上；大面积施钼表现出良好肥效方面，由对钼强度反应的豆科作物(六十年代)发展到弱反应的禾本科小麦等(八十年代)；甚至对缺锌不敏感的小麦，山东平度县也大面积出现缺锌症状。

某些地区土壤、作物的主要营养元素由氮、磷、钾增加到水稻的氮、磷、锌、钾(国际水稻研究所针对菲律宾土壤提出)和油菜的氮、磷、硼、钾(针对湖北等地提出)。1984年调查，长江三峡一带土壤缺锌、缺硼面积远远大于缺钾面积，分别占耕地面积48.1% (土壤有效锌低于0.5 ppm)，90% (有效硼低于0.5 ppm)，9.6% (土壤有效钾低于50 ppm)，可见地方补充微量元素营养的重要性。

(四) 农业生产中的微量元素问题

在作物生产中，所有营养元素是一个统一的植物营养体系，它们之间是相辅相成的，也是互相制约的。满足作物对常量元素的需要，是微量元素起作用的前提，而保证微量元素的适量供应，则是充分发挥常量元素效益的重要条件。

1. 营养元素的平衡法则 自然界有个生态平衡，国民经济有个综合平衡，土壤——植物营养体系也有一个平衡，它直接影响作物产量的高低。土壤营养元素供应平衡，植物可按比例吸收，

产量高，反之产量低。如某一元素过多，则产生奢侈吸收，甚至引起代谢紊乱；偏施氮肥，往往作物病害增加；容易引起缺铁、铜、锌、镁、钾、硫而减产。有人试验得出，蔬菜施化学氮过量则菜叶里亚硝酸盐积累，对人的健康不利，应特别注意参与硝酸盐还原过程以及作物吸氮过程的微量元素。磷过多就引起缺锌、铁、铜、镁。某一元素不足，也引起某些生理机能失调，如缺锌、铜、铁，则植物氮素转化受阻，氮肥利用率降低。

德国化学家李比希最早提出最小养分律，即当营养环境中某个必需元素不足时，作物产量首先受这个元素的制约，随着它的增加而产量提高。当今世界常量元素已引起普遍注意，这一规律多从微量元素营养不足中反映出来。

我国再用10年的时间可以逐步解决氮与磷钾比例失调的问题，本世纪末氮、磷、钾与微量元素营养失调的问题就会暴露得更突出。

2. 土壤缺素问题的调查应用 Mikkosillanpaa (FAO 1982) 调查研究了30个国家（匈牙利、意大利、墨西哥、秘鲁、印度、菲律宾、埃及、叙利亚、加纳等）的微量元素营养情况后指出：奇妙的微量营养缺乏比一般预想的更广泛，微量营养问题在今天还是局部的，在不久的将来，会变得更严重更普遍。Sanchez and Cochrane (1980) 估计热带美洲地区土地面积的50%（约7.4亿公顷）都存在某种程度的缺锌问题。国际水稻研究所 Ponnamperuma (1977) 指出：在亚洲种植水稻的大片地区缺锌。Eugelstomd等 (1975) 指出：世界上不论是温带还是热带，锌的缺乏愈来愈常见，而且不论是旱作还是水稻，对施锌都表现出良好反应，在高产的情况下，更要注意锌的补给。美国最近一次土壤微量元素调查结果，50个州中有43个州需要施硼，39个州需要施锌，1983年微肥施用面积达2亿亩。英国根据土壤微量元素调查结果，确定近十年科学施肥的重点是氮肥和微量元素肥料。