

河北土壤微量元素研究 与微肥应用

孙祖琰 丁鼎治 主编

农业出版社

Cafe MuzMoz

封面设计：赵之公

ISBN 7-109-01808-3/S·1197

定价： 17.60元

河北土壤微量元素研究与微肥应用

孙祖琰 丁鼎治 主编

农 业 出 版 社

内 容 简 介

本书是根据河北省土壤锌、铜、铁、锰、硼、钼调查和微肥施用研究成果编写的。为了弥补河北微肥研究的不足，也引用了国内外有关研究资料。

本书共12章，每个元素两章。单数章论述土壤微量元素的含量消长，形态转化及其有效性，附有河北省表层土壤有效态微量元素分布图；双数章介绍微肥效应，诊断方法，丰缺指标和矫正技术，附有作物缺乏微量营养症状图谱。作者力求理论与应用结合，注重科学性、资料性和实用性。

本书可供从事土壤和植物微量营养元素研究与推广的科技工作者参考。

河北土壤微量元素研究与微肥应用

孙祖琰 丁鼎治 主编

* * *

责任编辑 罗梅健

农业出版社出版发行（北京市朝阳区农展馆北路2号）

石家庄地区印刷厂印刷

787×1092mm 16开本 15印张 11插页 342千字

1990年12月第1版 1990年12月石家庄第1次印刷

印数 1—3,000册 定价 平装13.6元 精装17.6元

ISBN 7-109-01808-3/S·1197

目 录

绪言	1
第一章 河北土壤锌	8
第一节 河北土壤锌的含量	8
一、土壤全锌	8
二、土壤有效锌	8
第二节 河北土壤锌的分布	10
一、土壤有效锌的地理分布	10
二、土壤有效锌的利用分区	11
三、土壤剖面中锌的分布	11
第三节 影响土壤锌含量分布的因素	14
一、成土母质	14
二、土壤全锌	15
三、土壤质地	15
四、土壤有机质	16
五、土壤碳酸钙	19
六、土壤酸碱度	20
七、土壤有效磷	20
八、土壤水分	21
九、土壤温度	22
第四节 河北土壤锌的有效度	22
一、河北土壤锌的有效度	22
二、影响土壤锌有效度的因素	23
第五节 河北土壤对锌的吸附固定	23
一、土壤对锌的吸附固定特点	24
二、影响土壤对锌固定的因素	27
第六节 土壤锌的形态转化	28
一、河北土壤锌的形态分布	28
二、河北土壤各组分锌的关系	30
三、河北土壤锌组分与土壤性状的关系	30
四、锌在土壤中的转化及有效性	31
第二章 缺锌诊断与锌肥施用	35
第一节 作物对锌的吸收转移	35

一、锌在土壤中的向根运动	35
二、锌在植物体内的运转	35
第二节 锌的生理功能	36
第三节 作物缺锌诊断	37
一、形态诊断	37
二、植株化学诊断	38
三、土壤化学诊断	39
第四节 作物缺锌矫正	40
一、锌肥品种	40
二、锌肥的施用技术	42
三、锌肥残效	43
四、锌肥的毒性	44
第五节 作物施锌	44
一、水稻施锌	44
二、玉米施锌	51
三、小麦施锌	56
第三章 河北土壤铁	60
第一节 河北土壤铁的含量	60
一、土壤全铁	60
二、土壤有效铁	61
第二节 河北土壤铁的分布	62
一、土壤有效铁的地貌类型分布	62
二、土壤有效铁的地理分布	62
三、土壤剖面中铁的分布	63
第三节 影响土壤铁含量的因素	65
一、影响土壤全铁含量的因素	65
二、影响土壤铁有效度的因素	67
三、影响土壤有效铁含量的因素	68
第四节 土壤铁的形态转化	71
一、土壤铁的形态	71
二、铁在土壤、有机肥中的转化	71
第四章 缺铁诊断与铁肥施用	76
第一节 作物对铁的吸收转移	76
第二节 铁的生理功能	78
第三节 缺铁黄叶病因	80
一、环境因素	80
二、养分不平衡	81
三、内在因素	82

第四节 作物缺铁诊断	83
一、形态诊断	83
二、植株化学诊断	83
三、土壤化学诊断	85
四、施肥诊断	85
第五节 作物缺铁矫正	86
一、铁肥品种	86
二、铁肥施用技术	86
三、作物铁营养的遗传控制	93
第五章 河北土壤锰	95
第一节 河北土壤锰的含量	95
一、土壤全锰	95
二、土壤有效锰	95
第二节 河北土壤锰的分布	98
一、土壤有效锰的地理分布	98
二、土壤剖面中锰的分布	99
第三节 影响土壤锰含量分布的因素	101
一、成土母质	101
二、土壤质地	102
三、土壤碳酸钙	102
四、土壤酸碱度	103
五、土壤湿度	103
六、土壤有机质	104
七、土壤有效磷	105
第四节 河北土壤锰的有效度	105
一、土壤锰的有效度	105
二、影响土壤锰有效度的因素	106
第五节 土壤锰的形态转化	108
一、土壤锰的形态	108
二、土壤锰的转化	110
第六章 缺锰诊断与锰肥施用	112
第一节 作物对锰的吸收运输	112
一、作物对锰的吸收	112
二、锰在植物体内的运转	112
第二节 锰的生理功能	113
第三节 作物缺锰诊断	114
一、形态诊断	114
二、植株化学诊断	116

三、土壤化学诊断	118
第四节 作物缺锰矫正	120
一、锰肥品种	120
二、需要锰肥的作物	121
三、需要施锰的土壤	121
四、锰肥的施用技术	121
第五节 作物施锰	122
一、小麦施锰	122
二、玉米施锰	125
三、水稻施锰	126
四、棉花施锰	126
五、油料作物施锰	127
六、豆类作物施锰	128
七、蔬菜施锰	128
八、绿肥作物施锰	128
第七章 河北土壤硼	129
第一节 河北土壤硼的含量	129
一、土壤全硼	129
二、土壤有效硼	130
第二节 河北土壤硼的分布	131
一、土壤剖面中硼的分布	131
二、土壤有效硼的地理分布	132
三、土壤有效硼的利用分区	133
第三节 影响土壤硼含量分布的因素	134
一、成土母质	134
二、土壤类型	135
三、土壤质地	137
四、土壤有机质	137
五、土壤碳酸钙	139
六、土壤酸碱度	139
七、降水和蒸发	140
八、土壤阳离子代换量 (CEC)	141
九、土壤全硼	141
第四节 河北土壤硼的有效度	141
一、河北土壤硼的有效度	141
二、影响土壤硼有效度的因素	142
第五节 土壤硼的形态转化	143
一、土壤硼的形态	143

二、土壤硼的转化	144
三、土壤对硼的吸附固定	145
第八章 缺硼诊断与硼肥施用	147
第一节 作物对硼的吸收	147
第二节 硼的生理功能	148
第三节 作物缺硼诊断	149
一、形态诊断	149
二、植株化学诊断	150
三、土壤化学诊断	153
第四节 作物缺硼矫正	153
一、硼肥品种	153
二、硼肥施用技术	154
三、硼对作物的毒害	154
第五节 作物施硼	155
一、棉花施硼	155
二、油菜施硼	159
三、苹果施硼	163
第九章 河北土壤钼	168
第一节 河北土壤钼的含量	168
一、土壤全钼	168
二、土壤有效钼	169
第二节 河北土壤钼的分布	170
一、土壤钼的地理分布	170
二、土壤剖面中钼的分布	171
三、山区土壤全钼的垂直分布	173
四、土壤有效钼的利用分区	174
第三节 影响土壤钼含量分布的因素	175
一、成土母质	175
二、土壤酸碱度	176
三、土壤碳酸钙	176
四、土壤质地	177
五、土壤有机质	178
六、土壤全钼	178
第四节 河北土壤钼的有效度	179
一、土壤钼的有效度	179
二、影响土壤钼有效度的因素	179
第五节 土壤钼的形态转化	180
一、土壤钼的形态	180

二、土壤对钼的吸附固定	181
第十章 缺钼诊断与钼肥施用	182
第一节 作物对钼的吸收分布	182
第二节 钼的生理功能	183
第三节 作物缺钼诊断	184
一、形态诊断	184
二、植株化学诊断	185
三、土壤化学诊断	187
四、生物测定法	188
第四节 作物缺钼矫正	188
一、钼肥品种	188
二、钼肥的施用技术	188
三、影响钼肥施用效果的因素	190
第五节 作物施钼	191
一、大豆施钼	191
二、蚕豆施钼	192
三、花生施钼	193
四、绿肥施钼	194
五、小麦施钼	195
六、棉花施钼	196
第十一章 河北土壤铜	198
第一节 河北土壤铜的含量	198
一、土壤全铜	198
二、土壤有效铜	199
第二节 河北土壤铜的分布	200
一、土壤全铜的分布	200
二、土壤有效铜的分布	200
三、土壤铜的垂直分布	201
四、土壤剖面中铜的分布	201
第三节 影响土壤铜含量分布的因素	203
一、影响土壤全铜含量的因素	203
二、影响土壤有效铜含量的因素	207
第四节 河北土壤铜的有效度	211
一、土壤铜的有效度	211
二、影响土壤铜有效度的因素	212
第五节 土壤铜的形态转化	213
一、土壤铜的形态	213
二、土壤铜的吸附固定	214

三、土壤铜的转化	215
第十二章 缺铜诊断与铜肥施用	218
第一节 作物对铜的吸收运输	218
一、作物对铜的吸收	218
二、作物体中铜的运转	218
三、铜在作物中的分配与积累	218
第二节 铜的生理功能	219
第三节 作物缺铜诊断	220
一、形态诊断	220
二、植株化学诊断	220
三、土壤化学诊断	222
第四节 作物缺铜矫正	222
一、铜肥品种	222
二、铜肥的施用方法	223
三、铜的毒害	223
第五节 作物施铜	224
一、小麦施铜	224
二、水稻施铜	224
三、棉花施铜	225
四、谷子、玉米、油菜、烟草施铜	225

绪 言

本书是河北省土壤普查办公室、河北省土壤普查成果汇总编辑委员会组织实际参加调查、研究、推广工作的技术人员编写的，是河北省第二次土壤普查成果之一。要求反映近10年来河北土壤微量元素和作物微量营养研究的新成果，注重科学性、资料性、实用性，理论与应用相结合，突出应用，藉以推动土壤微量元素研究的深入和微量元素肥料应用的发展。

* * *

土壤是作物微量营养的主要来源。农作物缺乏微量营养是一个世界性的问题。土壤微量元素和作物微量营养是一个非常活跃的研究领域（微量元素已成为土壤科学的生长点），也具有广阔的应用前景。60年代以来，全球曾大面积施用微量元素肥料。作物缺铁是世界上最普遍的缺素症；石灰性土壤地区缺锌极为普遍；缺硼、缺锰在美国是最普遍的；澳大利亚缺乏钼、锰、铜、锌十分广泛，并且常常是同时缺乏一种以上，南澳大利亚称为“90英里沙漠”的地区是世界闻名的铜、锌、钼等微量元素缺乏区；缺铜在所有微量元素缺乏症中是最罕见的。国外在农业中应用微量元素比我国早，关于需要微量元素肥料的土壤和作物，可借鉴之处较多。我国幅员广大，土壤类型多，北方大面积的黄土和黄河冲积物发育的土壤，南方广泛分布的酸性土壤，都容易缺乏这种或那种微量元素。近20年来，农业上对微量元素的研究与应用发展很快，微量元素肥料施用面积逐步扩大。据不完全统计，1984年全国施用面积达7000多万亩，比1981年增加2.5倍以上。谢振翅（1986）预言：我国再用10年时间可以逐步解决氮、磷、钾比例失调问题，本世纪末氮、磷、钾与微量元素营养失调问题就会暴露得更加突出。

Mikko Sillanpaa (FAO, 1982) 调查了30个国家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。”当前，缺乏微量元素的土壤，有广泛的发生，也有局部性的出现，低产田和高产田都可能由于一种或几种微量元素缺乏而发生营养障碍问题。毫无疑问，高产品种的应用，耕作轮作制度的变革，氮、磷、钾化肥施用量猛增，秸秆还田率的降低，土地平整，水土流失等都加剧了土壤微量养分供应的不协调性。土壤是一个开放系统，养分随收获物移去而耗散。长期以来，常量养分总是很快通过施肥得到补充，而微量元素养分却没有得到补偿。当今世界，对常量元素失调业已引起普遍注意的情况下，“最小养分律”多从微量元素营养不足中反映出来。平衡施肥是保持养分均衡供应的最重要的手段。微肥的应用已成为现代化农业集约化生产的重要标志。

在河北农田土壤上，作物微量营养元素缺乏症也屡见发生：果树缺铁黄叶病、缺锌小叶病、缺硼花而不实或落花落果已有较长的历史。70年代以来，水稻缺锌缩苗，玉米缺锌条纹花叶病，棉花缺硼产生叶柄环带，甜菜缺硼腐心病，小麦缺锰花叶症等陆续有所发生。微肥的施用面积也逐渐扩大。农业生产的发展需要科学技术的指导，而比较完整的微肥施用理论、施用

技术和施肥制度，总是随着对土壤微量元素的含量消长、形态转化、供应平衡以及农田生态系统中的循环等基础研究的深化而逐步建立起来的。微量元素肥料应用研究如果只停留在证明增产与否是不够的。科学实验不仅要证明某种肥料有无增产效果，而且应该指出有效施用条件、丰缺指标、经济有效的施用技术，同时对肥料效果给以有根据的解释。河北省在土壤微量元素调查之后，微肥应用刚刚起步，现在，积极地、广泛地、深入地进行土壤和作物微量营养研究既有技术储备的意义，也有技术服务的作用。中国土壤肥料研究会在“七五”研究计划纲要中提出了土壤微量元素丰缺和微量元素肥料应用研究任务，内容包括：①我国农田土壤中微量元素的含量和丰缺指标；②微量元素肥料的经济有效施用技术和长期施用某种微肥与土壤污染的关系；③施用微量元素对经济作物和瓜果品质的影响。现代研究手段的改进不仅拓宽了研究领域也加深了理论探索。微量元素研究在向生态学、环境科学、生物地球化学、酶学、地方病学等领域延伸。著名土壤学家Olsen (1971) 指出：“在过去10年中，我们对于微量营养元素在土壤、植物、动物营养以及人类食物中的作用的知识有了迅速的增长。多学科的技巧与精密仪器结合，使我们关于植物中和土壤中微量元素的知识进入到分子水平和土壤根际的微域环境。”他又指出：“我们面临的任务显然包括通过精心选择研究方法和基本原理，去测出缺乏微量营养元素以及研究如何对植物供应这些养分的能力。……必须研究如何解释相互作用的变化，养分的需要，生理机能以及对环境的反应。”显然，土壤微量元素的消长、形态转化、有效性与环境的关系以及作物从不同形态载体中吸收利用微量元素的特征是选择最经济有效的肥源和施用方法的理论依据。微量元素营养在食物链中的循环和生态环境中的平衡是一项系统、长期、定位研究的命题。以实际应用为目的，能够产生科学技术储备，开拓新的技术方向的应用基础研究和应用研究以及宣传普及作物微量营养知识、示范推广微量元素肥料对保证农业持续增产同样重要。

* * *

土壤微量元素调查和微量元素肥料应用研究是河北省第二次土壤普查工作的一部分。从1979年在张家口地区试点，到1987年完成全省调查，历时9年。先后完成了锌、铜、铁、锰、钼、硼6个元素的土壤样本采集、分析测定、数据处理、丰缺评价、利用分区和资料汇总工作。编绘了1/50万河北省土壤表层有效态微量元素分布图6幅。在土壤普查的基础上，针对河北农田土壤大约有60%缺乏微量营养元素的实际情况，组织协作，开展了两个方面的继续研究：在应用基础研究方面，初步探讨了河北土壤微量元素的组分分布、形态转化及其有效性，土壤对微量元素的吸附固定和解吸等；在应用研究方面，针对具体土壤和作物进行了土壤微量元素丰缺指标、施肥效应、施用技术研究。所涉及到的作物和元素有水稻、玉米、小麦施锌，棉花施硼，小麦、玉米施锰，花生、蚕豆施钼，果树施铁、施硼等。1986年全省微肥施用面积570万亩，比1984年增长21%。其中水稻、玉米施锌397万亩，增长87%，棉花喷硼144万亩。滦南县1986年推广水稻施锌21.14万亩，有效地控制了水稻缩苗症的发展，平均单产480kg，每亩增收稻谷56kg。正定县1986年推广棉花喷硼5万亩，亩增皮棉5.6kg。石家庄地区1985年推广玉米施锌86万亩，每亩增产玉米28.4kg。微量元素肥料的施用效果受多种因素制约，微肥施用面积也呈波浪式发展。某一种微肥的施用面积和数量往往受到科研内容的选择、技术宣传的普及程度和微肥肥源以及产供销渠道所左右。这种不稳定性正是微肥研究与应用发展过程中初始阶段的必然现象。大部分微量元素使用不当是有害

的,使用得当就成为有益的了,在农业生产不注意或很少注意微量元素营养,很多人缺少微量元素知识和微肥施用经验的起始阶段,应当坚持“严格试验,多点示范,稳步推广”的原则。技术服务体系运行畅通,实行“诊断、处方、供肥、指导”四结合,将保证微肥施用稳步发展。

* * *

河北土壤微量元素调查以土属为基本单元,以县为基层单位采集土壤样本。以耕地为主,特殊地区兼顾果园、林地、牧场和非耕地。采样点由省、地统一确定,以有利于成图,有利于总结规律,有利于生产利用为原则。平原地区在1/20万地形图或土壤图上方格布点,山区谷地大致等距布点,落在面积较小的特殊地形部位或特殊土壤上的点调整到典型的、有代表性的部位上去。野外采样时,注意了样本的代表性,综合考虑地形地貌,利用方式,土壤肥力,土壤质地,土壤水分等确定具体的采样地块。平原地区在平坦开阔的地块采样;壤质土为主的地区在壤质土上采样;棉区在棉花地块上采样;非耕地区在面积大而集中的地方采样等等。考虑到任何一个乡村的耕地都有肥力上的差异,决定一律在面积比例最大的肥力的耕地上采样。所谓肥力的高低,都按当地产量水平区分,不求全省统一。避免在施用过微肥的地块上采样。考虑到土壤有效态微量元素含量在一年中有随季节而波动的特点,规定秋收之后秋种之前为全省统一的采样时间。1982年和1985年两批共采集表层土样9500多个,典型剖面38个。采样过程中,严格操作规程,防止污染,禁止日晒样本,风干后过2mm筛备用。

土壤全量锌、铜、铁、锰用硝酸、氢氟酸、高氯酸消化,土壤有效态锌、铜、铁、锰用pH7.3的DTPA+CaCl₂+TEA浸提,原子吸收分光光度计测定。土壤全钼用硝酸、高氯酸、氢氟酸、硫酸消化,盐酸溶解,异丙醚萃取,比色测定。土壤有效钼用pH3.3的草酸+草酸铵浸提,催化极谱测定。土壤全硼用电极法测定,土壤有效硼用沸水5分钟浸提,等离子体光谱测定。本书所引用土壤微量元素资料多是上述方法浸提的,凡用其他试剂浸提者都予以注明。

土壤有效态锌、铜、铁、锰、钼、硼的丰缺评价标准是根据全国微肥科研协作组讨论制定的标准结合河北省土壤微量元素含量变幅拟定的。土壤测定值划分为很低、低、中等、高、很高5级(表1)。土壤样本测定结果的分级含量用不同颜色表示,点位于1/50万地形图

表1 河北土壤有效态微量养分含量分级标准(ppm)

元 素	很 低	低	中 等	高	很 高	浸 提 剂
锌	≤0.3	0.31—0.5	0.51—1.0	1.1—2	>2	DTPA
铜	≤0.2	0.21—0.5	0.51—1.0	1.1—2	>2	DTPA
铁	≤2.5	2.6—4.5	4.6—10	10.1—20	>20	DTPA
锰	≤1	1.1—5	5.1—15	15.1—30	>30	DTPA
钼	≤0.1	0.11—0.15	0.16—0.2	0.21—0.3	>0.3	Tamm溶液
硼	≤0.25	0.25—0.5	0.51—1	1.1—2	>2	热 水

上,以土壤图为底图,参照土壤类型、成土母质、土壤质地、土壤有机质、土壤碳酸钙、水分状况等勾绘图斑,编绘河北省土壤表层有效态微量元素分布图。本书还描述了土壤微量元素的有效度(活化率)。有效度表示在土壤总含量中有多大比例保持在对作物有效的状态,

以（土壤有效态含量／土壤全量）×100表示。有效度的大小决定于元素的化学特性和环境条件。

* * *

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像对氮、磷、钾需要量那样大，而且具有选择性，因此，微量元素肥料只应当施用于需要补充的土壤上。根据作物缺素症状补给肥料是传统的形态诊断法。然而，在田间表现出缺乏症状的作物比较少见，而外部虽然没有可见症状，体内已经发生种种生理上和组织上的不正常现象，即潜在性缺乏却广泛存在。因此，对于微量元素缺乏与否的判断更有赖于施肥诊断和土壤、植株化学诊断了。

植株化学诊断。主要用于评价正在生长的作物的营养状况，也能用于监测土壤—植物环境。当作物出现缺乏或中毒，特别是当作物潜在缺素(无形态特征)时，植株分析是有效的诊断工具。

微量元素在植物体内必须达到一定浓度才能发挥它应有的生理功能，超过某一浓度又将对植物生长产生毒害。Chapman用曲线模式表示了植株养分浓度与植物生长量的关系（图1）。曲线的前部（极缺区）反映由于作物生长所引起的稀释效应，即生长量增加而植株养分浓度减少，这时植株养分含量水平不能正确反映作物生长状况。在过剩区作物对养分奢侈吸收，在体内逐渐积累，以致产生毒害，抑制生长，产量下降。植株养分维持在最适浓度（足量区），可以获得最高产量。当植株内养分低于某一浓度，作物生长量显著下降或出现缺素症状时，该浓度即称为“临界值”。因为某一养分不足的植物群体养分浓度与养分充足的植株群体养分浓度的曲线有重叠部分，所以，所谓临界值也并非截然划分养分亏缺与正常的界限值，而是数值范围即“临界区”。Ulrich等把最高产量减少5—10%时的养分含量作为临界浓度（图2）。

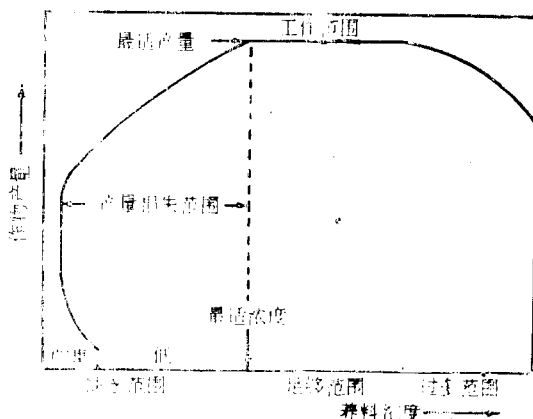


图1 作物产量或生长量与养分浓度的关系图解
(Chapman, 1967)

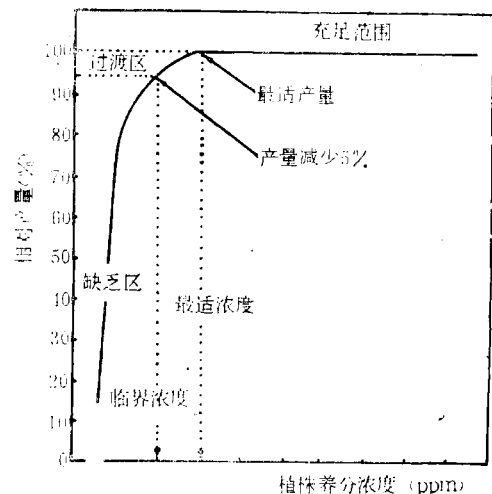


图2 决定植株养分临界浓度的图解
(Ulrich与Hills, 1967)

供测样本具有真正的代表性是植株化学诊断成败的关键。通常在作物生长前期或生殖生长阶段初期进行取样。许多作物在授粉之后茎叶养分浓度将起激烈变化,就不宜取样。因为试验目的不同也可以在其他生长阶段采样。当作物开始表现营养异常时,立即采样分析特别重要。作物的不同生育阶段、不同器官、不同部位的养分含量水平差异很大,因而在采样时应当选用年龄、器官和部位相同,并且在一天的固定时间内天气稳定时进行采样。苗期一般采取地上部全株,稍大之后则多采取主枝或主茎生长点之下的成长叶。对体内能够再利用的元素,例如锌,老叶比幼叶更能指示丰缺。H. Marschner指出,最好的诊断方法是同时测定植株老的与幼嫩的部位,观察养分的梯度。梯度比单一值更能指示实际情况。采集样本的数量决定于植物生长状况、土壤均一性以及采样目的。当然样本愈多愈好,一般采集叶片30—50个,采集全株30株左右。

土壤化学诊断。能够显示土壤有效养分的含量或供应量。特别是当养分处于“潜在性缺乏”时,土壤测试是预测预报的有效手段。

土壤测试结果的评价必须以事先的强大背景研究为依据,包括筛选测试方法的相关研究和把提取测定值划分为“高”、“中”、“低”等级指标的校验研究。校验研究的优点在于在特定自然条件下把影响养分供应的诸因素都包含在分级指标之中,所得指标准确性高,实用性好。

校验研究必须在田间多点(>20个)试验。针对具体作物在一种土壤类型上选择由低到高系列肥力的地块。只要设计 x_0 和 x_1 两个处理就够了, x_1 必须足量施用待测养分。以土壤养分提取值为横坐标,以相对产量为纵坐标绘制点阵图,再以数理统计法配置回归曲线方程。目前,国际上公认的土壤肥力分级指标为:相对产量达到95%以上代表“高”,75—95%代表“中”,50—75%代表“低”,50%以下代表“极低”(图3)。周鸣铮等(1984)根据我国大部分农田土壤养分肥力尚偏低的实际情况,将指标等级划分为: >90%为“高”,70—90%为“中”,50—70%为“低”, <50%为极低,作为通用的任何养料提取测定值划分级别的暂用标准。

Cate和Nelson(1965)应用图解法测定临界点以区分缺乏与不缺乏的土壤,而不划分更精细的“高”、“中”、“低”指标值。其方法是,作出相对产量(Y轴)和土壤养分提取值(X轴)点阵图,平行于X、Y轴分别划两条互垂线,几乎把所有点划入右上和左下两象限中。平行于Y轴的垂线与X轴的交点就是临界点(图4)。此法非常简便,多用于微量元素。

选用待测养分含量最低的土壤,分别施入低量、适量、过量待测养分,平衡一段时间,在这种养分肥力不等的土壤上再设置施肥与不施肥两个处理进行盆栽试验。根据土壤分析和产量测定,统计土壤测定值与相对产量之间的关系曲线,从相对产量对应的土壤测定值求出养分的丰缺指标。盆栽试验,条件容易控制,有利于开展单因子研究,结果精确可靠。盆栽试验得到的定量结果,还需要田间试验进一步验证,才能应用于生产。盆栽试验要选用当地典型发病土壤,用当地水灌溉(有条件可用去离子水或蒸馏水)。盆栽可以是幼苗试验,也可做整个生育期至收获产量的试验。

作物之间所要求的土壤肥力差异是巨大的。一种作物能够繁衍生长的土壤,对另一种作物可能因为肥力不足而影响生长。同一作物的不同品种之间对缺素的敏感性也有明显差异。所以,指标都是在当地土壤上针对具体作物的。由于土壤类型、气候条件、生产水平以及作