

## 微量元素供应与柑桔生长的关系

刘 铮

(中国科学院土壤研究所)

### 一、前 言

柑桔为常绿果树，养分摄取的活动全年都进行着，而以花期及生长旺盛季节需肥最多，一般在3—4月间及7—9月间。就营养元素而论，氮、磷、钾及镁、硼、铝、锌、锰、铁、铜等元素对于柑桔都是不可缺少的。上述元素供应不足时，柑桔发生种种缺乏症状。个别元素例如硼、铜、锰过多时也会使柑桔中毒而受害。所以除了氮、磷、钾三个主要营养元素以外，镁、铁及微量元素锌、锰、铝、铜、硼的供应也要考虑，才能达到高额丰产的目的。

柑桔的根系较浅，根毛少，因而养分吸收能力弱<sup>[1]</sup>，所以植桔土壤必需肥沃。柑桔对氧的需要量较高，植桔土壤的通气性应当良好，质地要轻，

粘重土壤是不适宜的。最适土壤酸度应为pH5.5—6.0<sup>[2]</sup>。

根据柑桔各部分的养分含量可以粗略的估计柑桔对营养元素的需要量，如表1所示。

表1 柑桔各部分的营养元素含量(单位:百分数)<sup>[3]</sup>

	N	P	K	Ca	Mg
叶	2.22	0.18	1.31	4.30	0.25
枝条	1.02	0.17	0.75	1.82	0.28
树干及大枝	0.40	0.17	0.21	0.52	0.07
根	0.82	—	0.28	0.70	0.05

由表1可知，叶中的矿质营养元素含量较多，含量的波动也较大。取样部位、叶龄、气候状况、施肥水平等会影响叶片成分。所以取样技术是十分重要的。果实的平均成分如表2。

表2 柑桔中各元素的平均含量<sup>[3,4]</sup> (按鲜重计)

元素	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Fe (ppm)	B (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
含量	0.112	0.025	0.202	0.082	0.015	0.011	2.49	2.81	7.30	1.31	0.57

果实中氮、磷、钾三元素的含量很少变化而保持下列的比例关系<sup>[5]</sup>:  $N:P_2O_5:K_2O = 3:1:4$ 。按每公顷产量为50,000公斤计算，每年由土壤取得的养分<sup>[2]</sup>: N为74.5公斤/公顷， $P_2O_5$ 为27.5公斤/公顷， $K_2O$ 为123.5公斤/公顷。上述数字并未包括新生枝叶所需养分。许多研究者就各营养元素的最适量与比例进行了大量的研究工作，但是并不都是成功的。在田间存在着除了钙与硫以外的各种营养元素的缺乏症状。

柑桔对氮的需要量以春季为最多，叶中全氮量达到最高峰。叶龄增加含氮量下降，而以冬季为最低。无机与有机态氮肥同样需要，有机态氮肥不足时应考虑种植豆科绿肥作物。叶片含氮标准按烘干重计算如下<sup>[3,4]</sup>: 不足——2.0% 或少于2.0%，适量——2.4—3.0%，过多——3.5%

或多于3.5%。

柑桔对磷的需要量较低，枝条形成期及花期需磷较多。许多植桔土壤对磷肥的反应有时不十分良好。磷肥使果实含酸量及维生素丙含量下降，所以不宜过量施用。叶片含磷标准如下<sup>[3,4,5]</sup>: 不足——0.08% 或少于0.08%；适量——0.12%—0.16%；过多——0.30%或多于0.30%。

柑桔对钾的需要情况不十分明确。在进行了六年的溶液栽培试验中，未发现由于施K量不同而引起的显著差异<sup>[7]</sup>。钾对果实的质量例如果径有相当的影响，使酸度及维生素丙含量增加。对于叶片含钾量的试验与研究较多，如表3所示。

上面仅简单的叙述了柑桔对氮、磷、钾的需要情况。这些数据对于考虑微量元素问题时是有重要意义的。微量元素供应不足的原因除了土壤中

表 3 桔叶含钾量(干物重%)

不 足	适 量	过 多	文 献
0.50	0.50—1.08	2.08	[ 8 ]
0.35	0.38—1.12	2.00	[ 9 ] [10]
0.60	1.20—1.70	2.40	[ 4 ]
0.40	1.30—2.50	2.50	[11]
0.26	0.52—1.73	2.15	[ 7 ]

含量过低或者土壤情况不良而影响微量元素的有效性以外,也可能是各营养元素的比例不适所引起。氮、磷的施用水平与微量元素的需要量是息息相关的。大量的资料证实了磷的施用量增加时引起柑桔缺锌的现象<sup>[12-16]</sup>,施用多量氮肥时也会加重缺锌症状<sup>[16a]</sup>,所以考虑微量元素供应问题的同时应当考虑氮、磷的施用水平。此外,各微量元素间也存在着相互关系,因而有必要同时考虑多种营养元素的平衡问题。

## 二、柑桔缺乏营养的诊断

与其他作物的营养诊断法相似,柑桔的缺乏营养的诊断法也是多种多样的,简述如下。

### 1. 根据植物的诊断法:

(1) 目视诊断: 根据柑桔生长情况(尤其是叶片)的诊断法。缺乏或中毒症状可作为判断指标。是定性的诊断法。

(2) 叶片喷施(或涂布)溶液的诊断法: 喷施(或涂布)一定的营养元素的溶液观察反应,主要是缺乏症状的变化,证实目视诊断的结果。

(3) 注射法: 在叶、枝或树干注射溶液或固体,观察反应,与第(2)法相似。

(4) 叶片分析法: 就高产树与低产树的叶片,或者病叶与健叶的养分含量进行比较。目前多种元素已有临界含量可供参考。

(5) 组织学及显微化学的诊断法: 就病叶与健叶的组织进行比较,观察改变的情况。

### 2. 根据土壤的诊断法:

以一定的提取剂提取土壤中对植物有效的营养元素,进行化学分析的诊断法。最好与叶片分析配合进行。

### 3. 田间试验法:

根据田间试验结果判断诊断是否正确,是最后的也是最有决定意义的诊断法。

本文主要叙述叶片分析及目视的诊断法。

进行叶片分析首先要注意取样技术,叶龄、叶

片位置、春梢抑夏梢、结果枝抑不结果枝都会影响叶片成分。假若叶片分析的目的是证实目视诊断的结果或者就叶片上存在的缺乏症状加以区分,取样技术是比较简单的,分别搜集100—200个有缺乏症的病叶和正常的健叶即可。假若叶片分析的目的是指导施肥,则必须按照一定的方式搜集试样。

在开始以指导施肥为目的的取样工作以前,应当先就桔园土壤进行了解,按照土壤肥力、质地、土层厚度、坡度等差异对桔园土壤加以区分,划成若干田块,而后在各田块上搜集桔树叶片。桔树的品种、砧木、生长情况也应一致。选择叶片时要有统一的标准,例如<sup>[16b]</sup>: (a) 叶龄5—7月,无失绿现象,无病虫害及机械损伤。(b) 采自主要花枝的不结果枝(有时应采自结果枝,见下文)。(c) 取样的桔树不曾受病虫害以及物理或化学的损伤。(d) 用于确定施肥的试样应有100个叶片,采自20—25株桔树(每树的4—5个枝条上)。桔树分布于试验园的同一类型的土壤上。(e) 叶片盛在纸袋或容易通风的其他容器中,注意避免污染。最好在当天送达试验室。假若不能立即烘干,应加以冷藏,但要避免冰冻。冷藏前移入聚乙烯袋或其他容器中。(f) 测定大量元素时仅用自来水及蒸馏水洗淨叶片,测定微量元素时应按特殊的方法洗滌,除去叶片上所附的灰尘、肥料及农药等,避免可能发生的污染。(g) 叶片应尽快烘干,烘箱应装有通风设备。研碎(最少要能通过40孔筛)。贮存在玻璃瓶中,紧密加盖。

叶片采自结果枝或不结果枝,视测定元素而异。测定氮、磷、钾、硫等元素时在不结果枝上取样,测定钙、镁时在结果枝上取样<sup>[16c]</sup>。测定其他元素例如硼、铁、锰、锌时在结果枝或不结果枝上取样均可,二者间的差异不显著,但是测定铜时应在不结果枝上取样<sup>[16d]</sup>。在结果枝上取样时要采取邻近果实的第1, 2, 3个叶片(春梢上的叶片)<sup>[16e]</sup>。

化学分析结果可作为施肥的参考,但是应同时考虑土壤情况、排水情况及病虫害等。桔树根系必须处于正常状态(正常通气及排水),否则分析结果不见得可靠。表4是桔叶分析标准之一。

一般情况下可以按目视诊断(目视诊断见下节)、喷施或涂布以及注射、化学分析及田间试验的顺序进行诊断和试验。

表 4 桔叶分析标准<sup>[16b]</sup>

元 素	单 位	不 足	低	适 度	高	过 多
N	%	<2.2	2.2—2.3	2.4—2.6	2.7—2.8	>2.8
P	%	<0.09	0.09—0.11	0.12—0.16	0.17—0.29	>0.3
K	%	<0.7	0.7—1.1	1.2—1.7	1.8—2.3	>2.3
Ca	%	<1.6?	1.6—2.9	3.0—5.5	5.6—6.9	>7.0?
Mg	%	<0.16	0.16—0.25	0.26—0.6	0.7—1.1	>1.2?
S	%	<0.14	0.14—0.19	0.2—0.3	0.4—0.5?	>0.6?
B	ppm	<21	21—30	31—100	101—260	>260
Fe	ppm	<36	36—59	60—120	130—200?	>250?
Mn	ppm	<16	16—24	25—200?	300—500?	>1000?
Zn	ppm	<16	16—24	25—100?	110—200?	>300?
Cu	ppm	<3.6	3.6—4.9	5—16?	17—22?	>22
Mo	ppm	<0.06	0.06—0.09	0.10—0.29?	0.3—0.4?	>—?
Cl	%	?	?	<0.3	0.4—0.6	>0.7?
Na	%	#	—	<0.16	0.17—0.24	>0.25?
Li	ppm	#	—	<1?	2—9	>10?

注：采自花枝上的5—7月龄的不结果枝。品种为晚生橙（Valencia），稍加修改后可以适用于其他品种。#号为未证实是柑桔营养所必需的。

### 三、微量元素供应与柑桔生长的关系

微量元素的供应不足或过多时，柑桔发生缺乏或中毒症状，可以作为营养诊断的指标。就健叶与病叶和土壤的化学分析结果进行对比，与目视的诊断法相配合，常能获得更可靠的结果。兹分别讨论如下：

#### （一） 锌

柑桔缺锌多发生于酸性尤其是质地较轻的土壤上，在石灰性土壤上以及施用多量磷肥时都会发生缺锌。柑桔缺锌常多于其他元素的缺乏。缺锌症状有种种不同的名称，例如小叶病（Little leaf disease）、叶斑病（Mottle leaf）、失绿病（缺绿病 Chlorosis）及丛生（簇生 Rosette）等。日本称为斑叶病。由于柑桔对锌很敏感，一般以柑桔作为判断土壤中锌的供应情况的指示作物。

##### 1. 缺锌症状<sup>[4, 17-19]</sup>。

柑桔缺锌症状以叶片为最显著。缺锌桔树的叶片缺乏叶绿素，形成浅绿、黄绿或灰绿色的斑点，称为叶斑或失绿现象。缺锌初期，柑桔幼叶首先发生失绿现象，叶斑分布于中脉及侧脉间的区域，所以称为叶脉间失绿（interveinal chlorosis），是为叶斑阶段。若不施用锌肥进行纠正，则叶斑逐渐加多，由叶的中部向叶缘扩展，互相连接而形成连续的失绿区，以至于叶脉间和叶缘全部失绿，

而沿中脉及侧脉附近区域和叶基部仍保持原有的绿色。失绿部分与原有的绿色之间的反差（Contrast）非常显著。假若缺锌进一步发展，新生的幼叶很小，狭长而尖，全部失绿，是为小叶阶段（图 1-A）。常发生落叶和顶枯（dieback）。枝条的下部叶片较大，愈接近枝条尖端叶片愈小，顶芽不伸长，新生的幼叶集中在枝条尖端，节间缩短，叶片直立而呈丛生（或簇生）现象（图 1-B）。缺锌叶片尤其是小叶多集中于树冠的顶部和向阳一侧。锌在植物体中不易流动，缺锌多发生在新生枝叶上。

缺锌叶片的细胞结构不正常，栅状组织细胞较正常叶片的栅状组织细胞宽，或呈稜形，沿横轴分裂，缺乏叶绿体。细胞中充满油滴，一般不含淀粉粒，空胞增大。缺锌叶片中有单宁及酚类化合物积聚，有时有草酸钙结晶，说明碳代谢不正常。空胞中含有可氧化的酚类化合物及多酚氧化酶。施用锌肥后，逐渐复原（图 1-C）<sup>[20]</sup>。

缺锌桔树的根系生长不良。严重缺锌时，桔树生长缓慢，树的外层枝条细而短，有垂直向上的趋势而具有灌木状的外形，并且有顶枯现象。缺锌枝上果实的产量与质量视缺锌程度而降低。严重缺锌的桔树的果实变小，果皮光滑而肥厚，色浅，形状不正常，少汁无味。

桔树缺锌、锰、铁、镁时都发生失绿现象，但是

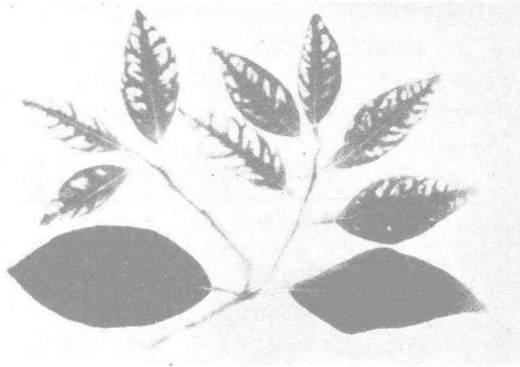


图 1-A 缺锌叶片<sup>[4]</sup>



图 1-B 缺锌叶片<sup>[19]</sup>

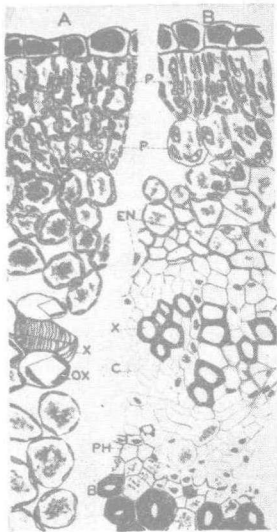


图 1-C 缺锌叶片<sup>[20]</sup>

A——锌处理后 15 个月； B——锌处理后 17 个月。

说明细胞内容及栅状组织细胞逐渐恢复正常，A、B 间仍有显著差异。P——栅状组织细胞；EN——内皮层；X——木质部；PH——韧皮部；C——形成层原始细胞；

B——韧皮纤维；OX——草酸钙细晶。

失绿叶斑的位置及颜色并不相同，区别如下：

缺锌叶片小而狭长，中脉及叶脉两侧保持绿色，反差显著。节间缩短而成丛生状，缺锌多发生于向阳一侧。

缺锰、铁、镁的叶片大小正常。中脉及叶脉附近全部失绿，无绿色残存而形成绿色的网状。缺铁、镁时反差显著，缺锰时反差并不显著。缺镁叶片的尖端及叶基部常保持绿色。缺锰叶片多位于背阴处。

除了上述的目视诊断以外，通过化学方法也可以判断桔树是否缺锌。桔叶含锌范围为 15—200 ppm<sup>[10,21]</sup>，正常与缺乏范围见表 5。

表 5 柑桔叶片含锌量

缺 乏	柑桔含锌量(ppm)		文 献
	正 常	过 量	
15	20—80	—	[10]
15	25—100	300	[4, 6, 22]
15	—	300	[23]
—	30	—	[3, 10]
—	34	—	[24]
—	47	—	[25]

### 2. 缺锌的校正。

缺锌的校正法很多，而以根外施用为最简便。根外施用可以喷施含锌粉末及锌溶液。

锌溶液浓度：200—500 克硫酸锌/100 公斤水。为了防止药害，可以加石灰中和或将上述重量的硫酸锌加入波尔多液中，同时减少硫酸铜用量。施用时间以春季为最有效，于施用后一个月作第二次喷施。也可以分次施用，第一次 10 磅硫酸锌与 5 磅石灰，溶于 100 加仑水中，第二次用 5 磅硫酸锌，第三次用 2.5 磅硫酸锌，石灰用量同样的减半<sup>[19]</sup>。喷施的效果较施入土壤为佳。不同锌肥的效果的比较试验证实以硫酸锌喷施效果最佳<sup>[26]</sup>。

在桔园中种植绿肥作物并且及时翻耕，能使锌的供应增多，有助于缺锌的校正。

锌的缺乏有时是由施用多量磷肥或氮肥引起的<sup>[12-16a]</sup>，所以应将三者同时考虑<sup>[27]</sup>。

### (二) 锰

锰的缺乏一般多发生于石灰性土壤。酸性土壤也可能发生缺锰现象。例如，在酸性土壤上过量施用石灰常能引起锰的缺乏。日本称缺锰症状

为萎黄病。

### 1. 缺锰症状<sup>[4,17-19]</sup>。

桔树缺锰时叶片发生失绿现象,最初在近叶缘的叶脉间出现小的失绿叶斑,而后叶斑向中脉方向发展、扩大、合并而遍及全叶。缺锰叶片大小正常,但叶色较暗,中脉和侧脉以及中脉附近区域为深绿色,失绿部分为浅绿到黄绿色,全叶形成深绿(正常部分)及浅绿(失绿部分)交错的肋骨状格子,反差不如缺锌显著。缺锰叶片多位于树冠背阴的一侧。

轻度缺锰时,叶片出现失绿叶斑,随叶片的成熟而叶斑消失成为上述的深绿与淡绿交错的格子状,或者完全消失而复绿。严重缺锰时叶弯曲或成鸟嘴状,也可能发生顶枯现象。最严重时,未失绿的部分逐渐变得狭窄,失绿部分扩大并且变成淡绿色或灰白色(图2)。

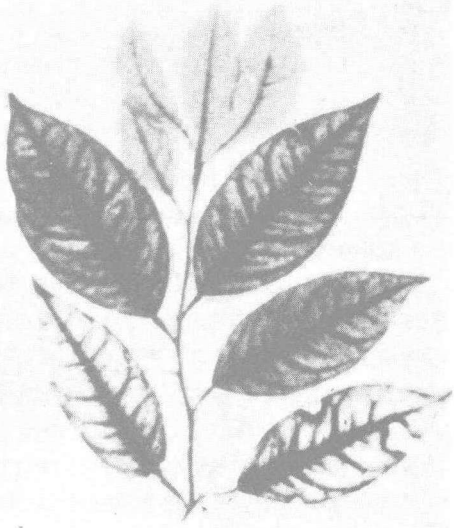


图2 缺锰叶片<sup>[17]</sup>

柑桔缺锰与缺铁症状也很相似,但是缺锰时开始失绿的位置与中脉的距离较缺铁为近。缺锰叶片沿叶脉有绿色部分残存并且反差很小。缺铁时反是,叶脉成细的绿色的网状,分布于全部叶片,反差很大。有时二者同时缺乏。缺锰与缺铁的进一步的辨别可以利用纸上层析测定含糖量加以对比,缺锰叶片的提取液中五碳糖增多,缺铁叶片含糖量减少。五碳糖酶在缺锰叶片中的活动降低<sup>[25]</sup>。此外,缺锰叶片的叶绿素含量降低程度不及缺铁叶片多,但是叶绿素 $\alpha$ : $\beta$ 的比率锐减<sup>[28]</sup>。

缺锰的叶片有时有另一种症状,在叶脉间出

现棕色斑点<sup>[17]</sup>。

缺锰桔树的果实无特殊症状,严重时可能减产。

叶片含锰量可作为缺锰的判断指标(表6)。

表6 柑桔叶片含锰量

缺 乏	桔叶含锰量(ppm)		文 献
	适 量	中 毒	
15	20—80	200	[10]
15	25—200	1000	[4,6,22]
—	30	—	[3]
15	—	200—1000	[23]

### 2. 缺锰的校正。

缺锰可以通过根外施用或直接施入土壤的方式来校正。

向土壤施用锰肥时可用硫酸锰或含锰的工业废弃物,每公顷施用量为30—50公斤硫酸锰。对于固定锰的能力很强的土壤应加大用量或者改用根外营养。

根外施用的效果较快,溶液浓度为0.3—0.5公斤硫酸锰/100升水,最好加入0.15—0.25公斤石灰来中和酸度,也有不加石灰的<sup>[2]</sup>。另一个配方是5磅硫酸锰+2.5磅熟石灰溶于100加仑水中<sup>[19]</sup>。

### 3. 锰中毒症状<sup>[4,17,18,19]</sup>。

土壤中活性锰过多时可能使柑桔中毒。中毒桔树的叶片由尖端开始变黄变棕以至于呈烧灼状,最后叶片脱落但叶柄残留。更严重时称为焦斑病,叶片上的斑点变黑,近圆形,直径约为3/16吋。

由于铁、锰的拮抗关系,锰中毒也会发生与缺铁相似的失绿现象,并且有干枯的斑点出现。含锰量大增而积累,一般正常叶片含锰20—40ppm,含锰60—70ppm的叶片外表也是正常的,因锰中毒而叶尖变黄的叶片含锰60—400ppm<sup>[19]</sup>。施用石灰使pH值达到6或更高时,中毒现象消失。

## (三) 铁

柑桔缺铁发生于石灰性土壤以及砂质的酸性土壤。锌、锰,尤其是铜过多时抑制铁的吸收。施用多量的磷、钾肥也可能引起缺铁<sup>[29]</sup>。

### 1. 缺铁症状<sup>[4,17-19]</sup>。

柑桔缺铁时也发生失绿现象——叶脉间失绿,严重时全叶呈黄绿色,只有叶脉(包括细脉)保

持原有的绿色而形成绿色网状条纹。叶片变薄,易脱落,严重缺铁时叶片成灰白色,侧脉及细脉的绿色消失,只余中脉仍保持灰绿色,有时发生坏死。就失绿叶片的位置而论,树冠的下部叶片叶色正常,树冠上部有失绿叶片和叶片脱落的枝条。枝条本身无特殊形状,但常枯萎,尤其是树顶的枝条(图3)。

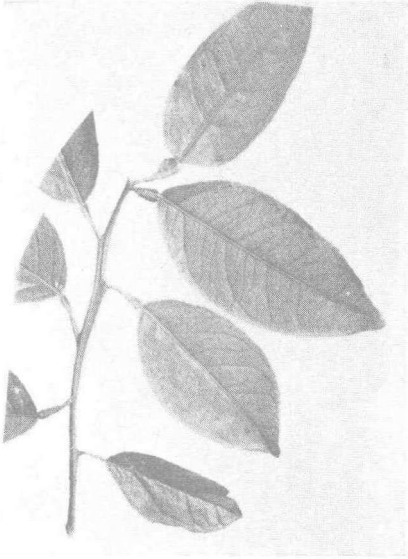


图3 缺铁叶片<sup>[2]</sup>

由于铁在植物体内不易流动,幼叶首先表现缺铁症状,老叶仍保持原有的绿色。桔叶缺铁的临床值见表7。

缺铁桔树的果实小而少,色浅变硬,质量及产量都受影响。

表7 柑桔叶片含铁量

桔叶含铁量(ppm)			文 献
缺 乏	适 度	过 多	
50	70—200	—	[10]
35	60—120	250	[4, 22]
—	80	—	[6]
35—50	—	250	[23]

#### 2. 缺铁的校正<sup>[4, 17-19]</sup>。

缺铁的校正有种种方式,须针对导致缺铁的原因而采取适当的措施。

调节土壤环境有时能够校正缺铁,例如减少灌水量或采取排水措施,或者调节土壤酸度使pH值为5—6。

施用含铁化合物(例如硫酸亚铁)的效果很小,喷施时只有与硫酸亚铁接触部分复绿,叶面的其他部分仍然失绿。注射硫酸亚铁、柠檬酸铁或酒石酸铁的效果较喷施满意,但是不能大规模应用。铁的螯形化合物例如Fe-EDTA的效果很好,每株施用量为10—20克。但是在石灰性土壤上螯形铁的效果不佳,有时需要将用量增加到300克/株。Fe-EDTA-OH的效果较Fe-EDTA大,可以延续到三年。喷施螯形剂常引起药害,所以一般直接施入土中。EDTA的价格较贵,目前还不能大规模的应用。

#### (四) 铜

铜的缺乏多发生于酸性的砂质土壤,在酸性土壤上过量施用石灰或磷肥都能导致缺铜,在pH 5.5—6.0间桔树吸收的铜最多<sup>[3, 27]</sup>。

铜中毒多因过量的或长期的使用波尔多液而引起。铜中毒时由于吸收的铁减少而引起缺铁失绿,树皮破裂、流胶、落叶等症状。

##### 1. 铜的缺乏。

柑桔缺铜的现象很多,例如顶枯、氨化(Ammoniation)、郁汁(Exathema)等。桔树轻度缺铜时叶片不平整,中脉屈曲,有时出现不正常的巨大叶片。枝条长而软,易弯曲,尖端呈S形。缺铜较严重时则出现小叶,很快的脱落而形成顶枯,而老枝上的巨大叶片仍然保持原有的绿色。更严重时,叶面弯曲,边缘不规则,叶脉间失绿而叶脉仍为绿色。枝条细而弯曲;生长不良。

柑桔缺铜的显著症状是胶胞和丛芽的出现(图4)。胶胞分布在叶片、树皮、果皮以及接近种

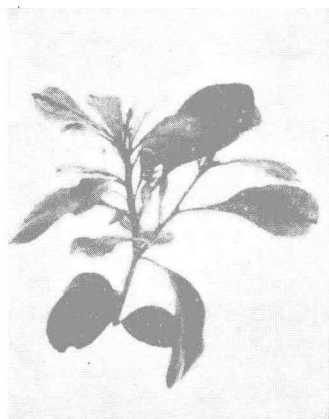


图4 缺铜症状(丛芽)<sup>[4]</sup>

子的心皮 (Carpel)。因品种不同,胶胞出现部位不同,或者全然没有。从芽使桔树生长减弱,呈灌木状,在枝条的尖端出现许多新梢成鹿角状,短而弯曲,叶小并且有胶质斑点。严重缺铜时新梢长到 1—3 寸长时即行死去(顶枯)。树皮及根部也会出现红色胶状物。

缺铜也表现在果实有棕红色胶状分泌物。幼果果皮颜色较浅,果皮特别光滑,胶状分泌物或有或无。随着果实成熟,分泌物颜色变深,最后成为黑色。在六月间果实几乎为分泌物所覆盖,容易脱落。残留的果实不甚酸,无味,少汁或者很干。除了果皮以外,果心的维管束间也有胶状物。有时幼果有开裂现象。缺铜的果实中可溶物与含酸量减少,固酸比率增大,维生素丙含量降低,降低情况与含酸量降低程度大致相同。缺铜时减产。因品种不同,缺铜的症状和反应也不相同。

缺铜与缺锌常同时发生。桔叶的缺铜症状受缺锌症状的影响而不易辨识。柑桔缺铜时根系对锌的吸收受抑制,虽然土壤中含有足够的有效态锌,仍旧会发生缺锌症状。所以在丛生的缺铜枝条上,有时会同时出现缺锌、锰、镁的失绿现象,这都是由于根系受损,缺乏鬚根,影响吸收所致。

缺铜的临界值见表 8。

表 8 柑桔叶片含铜量

桔 叶 含 铜 量 (ppm)			文 献
不 足	适 量	过 多	
4	4—10	15	[10]
4	6—16	23	[4, 22]
—	10—20	—	[3]
4	—	15—20	[23]

2. 缺铜的校正。

施入土壤时可以用硫酸铜、氧化铜或含铜工业废弃物例如黄铁矿渣,用量 10—15 公斤氧化铜/公顷,与其他肥料混合后施用。

根外施用的效果较快,浓度每 100 升水加 0.5 公斤  $CuSO_4$  和 0.5 公斤石灰。

(五) 钼

钼的缺乏发生于酸性土壤。关于柑桔缺钼的报导较少。

1. 钼的缺乏<sup>[4, 17, 30-34]</sup>。

柑桔缺钼症状称为“黄斑病”,远在五十年前便发现了,当时以为是缺钙症状,近年来证实是由

于缺钼<sup>[30-33]</sup>。

黄斑病发病于初春,叶片上出现水泡状斑点。夏季扩大成为大的黄色斑点,圆形或椭圆形,不规则的分布于叶脉间(图 5)。不久在叶片背面于斑点处变成棕色并且出现树脂状的胶状物和木栓化细胞。更严重时大量落叶,在冬季时叶片几乎完全脱落,产量显著降低,果实有坏死斑点,与日灼病(Sunburn)相似。桔片缺钼的临界值见表 9。

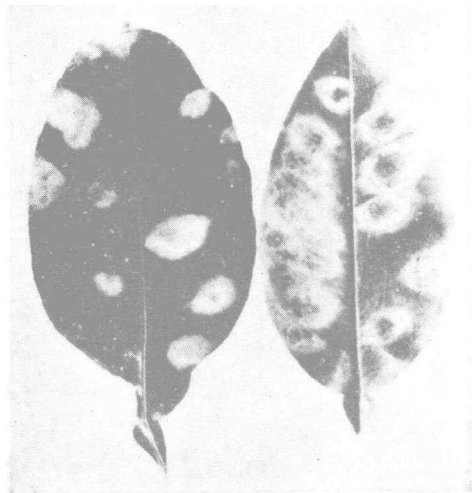


图 5 缺钼症状<sup>[19]</sup>

表 9 柑桔叶片含钼量

桔 叶 含 钼 量 (ppm)			文 献
不 足	正 常	过 多	
0.02	0.21—1.0	—	[10]
0.05	0.1—0.29	—	[4, 6, 22]
0.05	—	—	[23]

2. 缺钼的校正。

钼的缺乏用根外施用法校正,喷施量为 0.1 英两钼酸钠/株(溶于 10 加仑水中)<sup>[32]</sup>,或以 30—100 克钼酸钠或钼酸铵/400 升的溶液喷施,或以 1—2 英两钼酸铵/100 加仑溶液喷施<sup>[2, 19]</sup>。

注射有一定的效果,但是所需的压力很大,不容易做到,用量为 1 克钼酸钠/株(溶于 1 加仑水中),十天后完全复绿<sup>[32]</sup>。

(六) 硼

缺硼发生于酸性及石灰性土壤,长期干旱或者在酸性土壤上过量的施用石灰都可能导致缺硼。当灌溉水中含硼稍多时可能使柑桔发生硼中毒。

1. 硼的缺乏<sup>[4, 17-19, 36]</sup>。

硼的缺乏症状表现在叶片、果实及枝条上。

柑桔叶片于缺硼时发生水泡状斑点(图 6-A), 随着叶的成熟, 叶斑变成半透明状态, 在完全成熟前叶片即行脱落, 有时沿中脉及叶脉变厚, 有木栓生成以至于沿叶脉开裂。叶片常与中脉成直

角的弯曲而变形。有时叶脉变黄(与根系受损, 环状剥皮的后果相似)以至于全叶失绿。严重缺硼时有顶枯现象。

缺硼桔树的果实变得小而硬, 厚皮, 形状不正常, 果皮有硬斑。果汁少, 汁中含糖亦少。内果皮的白色部分(Albedo)变成棕色, 有树脂状区域(图 6-B), 也就是说, 充满了胶状物。果心的维管束间也有胶状物。有核品种的种子枯萎, 色变深, 有时不形成种子。果实未成熟前即行脱落。

缺硼桔树的新梢常常死亡, 顶枯, 有时形成丛芽, 树皮破裂, 在节间出现胶状物。

叶片含硼量可以作为判断缺硼的指标(见表 10)。

2. 硼的中毒。

硼中毒多发生于灌溉水中含硼较多的地区。柑桔对硼很敏感, 在灌溉水中含有 0.5 ppm 硼时就可能造成硼中毒, 多于 1 ppm 硼时中毒症状很显著, 含硼多于 2ppm 的水是不适于灌溉的<sup>[35]</sup>, 滨海地区尤其要注意。

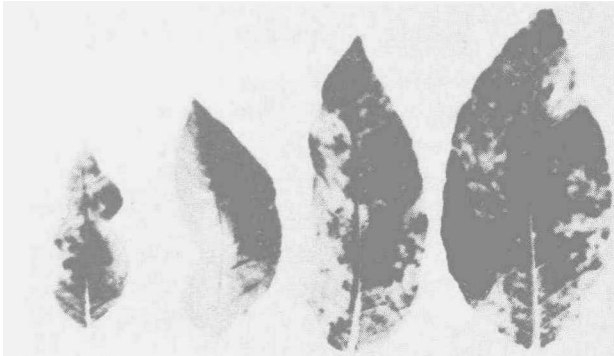


图 6-A 缺硼症状<sup>[17]</sup>

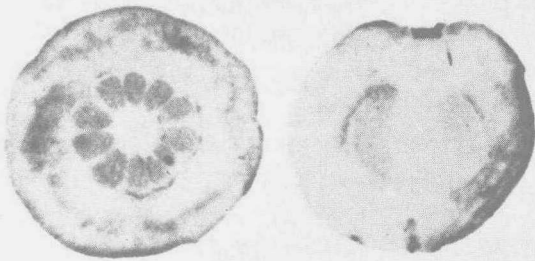


图 6-B 缺硼果实<sup>[17]</sup>

表 10 桔叶含硼量

桔叶含硼量(ppm)			文 献
不 足	适 量	过 多	
12	20—100	200	[10]
20	50—150	370	[4, 6, 22]
12—20	—	200—270	[23]
15—25	30—100	100—300*	[35]

注 \* 100—300ppm 轻度到中度过量, 300—500 ppm 中度到显著过量, 500—2400ppm 显著到严重过量。

柑桔的硼中毒现象首先出现在叶片上。最初叶尖变黄, 发生叶脉间失绿而以叶尖为最突出(图 6-C)。有时叶的背面有棕色树脂状斑点。随着损害的加重, 失绿部分扩大到叶缘, 全叶面遍布斑点。病叶提前脱落。严重时全部叶片落光(特别是在秋季)。最严重时顶枯或全株死亡。

硼中毒症状与硫酸盐过多、尿素的药害以及缺钼初期症状和缺锰症状(黄点)相似, 化学分析有助于正确的诊断。尿素的药害在桔叶的背面不形成斑点, 易于辨别。除了灌



图 6-C 硼中毒症状<sup>[35]</sup>



溉水含硼过多能导致硼中毒以外,土壤中的有效态硼多于 0.5 ppm 时也会发生硼中毒。

### 3. 缺硼的校正。

缺硼用根外施用或根部施用硼肥来校正。

根外施用浓度为 1 磅硼砂/100 加仑水<sup>[35]</sup> 或 5—15 公斤硼砂/公顷/年,浓度 100 克/升<sup>[2]</sup>。

根部施用: 0.25—0.5 磅硼砂/株或 3 英两硼砂/株<sup>[35]</sup>。

## (七) 镁

柑桔缺镁多发生于酸性的砂质土壤,缺镁现象可发生于任何季节,但以夏末秋初为最多。日本称为带黄病。

### 1. 缺镁症状。

桔树缺镁多发生于成熟的桔树上,缺镁叶片发生失绿现象。沿中脉出现叶脉间失绿(斑点),随着症状的加重,在中脉两侧形成不规则的黄色部分,最后全部失绿,只残留叶尖和叶基部的三角形(倒 V 形)区域保持原有的绿色。叶片易于脱落。多核品种易发生缺镁症状(图 7)。



图 7 缺镁症状<sup>[4]</sup>

缺镁桔树的果实和果皮变厚,果皮及果实内部的颜色较浅,含糖量、含酸量及维生素丙含量均下降,落果多,抗寒力弱,根系发育不良,树势变

表 11 桔叶含镁量

桔叶含镁量(%)			文 献
不 足	适 量	过 多	
0.15	0.30—0.60	1.20	[4, 6, 22]
0.15	0.20—0.40	0.60	[10]
0.20	—	—	[37]
0.15	—	0.60—1.2	[23]

弱,产量减低。

桔树含镁临界值可以作为判断缺镁的指标(表 11)。

缺镁能使缺锌及缺锰症状加重。

柑桔缺镁时可以施用白云石或白云石与硫酸镁的混合物,土壤 pH 值  $\geq 6$  时应改用可溶盐,例如硫酸镁钾。

根外施用的效果较快,一般用 2%  $MgSO_4$  或  $Mg(NO_3)_2$  溶液喷施。

现参照参考文献[2],稍加修改,将柑桔的养分缺乏检索表附在下面,以供参考。

### 1. 新生枝条上的症状:

#### (1) 叶片均匀的褪色:

- 氮 新叶小,失绿,严重时落叶,枝条脆弱,发育不良。
- 硫 新叶小,黄绿色,颜色较缺氮浅。
- 硼 新叶有水泡状斑点,随着叶的成熟变成半透明的斑。叶脉突起而破裂。叶片弯曲,易脱落。
- 钾 新叶小而厚,呈波纹状,尖端弯曲,黄棕色。更严重时形成坏死。有时有胶状分泌物。严重落叶,新生枝条死亡。
- 铜 叶片大,色深绿,边缘不正常,枝条成“S”形。

#### (2) 叶脉及叶脉附近的部分区域颜色较深,其余部分失绿:

- 锌 叶片小而狭,直立;叶脉及附近区域保持绿色,叶脉间失绿。节间生成许多细枝呈簇生状。叶片未成熟前枯萎。果实小。
- 锰 叶片大小正常,色暗,叶脉间失绿,叶脉及附近区域保持绿色。叶片提早脱落。
- 铁 新叶狭,失绿,叶脉绿色而成为绿色的细网纹状。严重时全叶变黄,有坏死区域。枝条尖端叶片脱落,枝条枯萎。
- 铜 叶片小,形状不正常。叶片灰绿色而叶脉仍为绿色;失绿成网纹状。尖端的细枝条死亡。
- 铝 叶脉间出现黄色的椭圆或圆形的大斑点,叶片背部于斑点部分呈棕色并有胶状物。落叶严重。

### 2. 成熟叶片上的症状:

#### (1) 在一定部位失绿并且扩展:

镁 沿中脉的叶脉间失绿。严重时除了叶基部的三角形(倒V形)区域以外完全失绿。叶片易脱落。

钙 叶片边缘先失绿,逐渐发展到叶脉间。严重时失绿部分变成坏死。落叶严重,枝条死亡。

(2) 失绿部分无规律:

氮 全部叶片均匀失绿。

磷 叶片呈暗绿色,继而变成棕色。严重时于边缘叶尖及叶脉间发生坏死,落叶严重。

### 参 考 文 献

- [1] Schmidt, G. A.; Markus, A.: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft. Berlin, 1943.
- [2] Malavolta, E.; Haag, H. P.: On mineral nutrition of some tropical crops. Berne, 1962.
- [3] Anonymous: La nutrition minérale des arbres. Berne, 1958.
- [4] Smith, P. F.; Reuther, W. R.: Mineral nutrition of fruit crops. Somerville, N. J., 1954.
- [5] Harold, H. H.: Citrus fruits. New York, 1957.
- [6] Reuther, W. et al.: Mineral nutrition of tree crops. Annual Review of Plant Physiol. 9: 175, 1958.
- [7] Chapman, H. D. et al.: Some effects of potassium deficiency and excess in orange tree growth, composition and fruit quality. Calif. Citrograph, 33:278, 1948.
- [8] Von Uexküll, H.: Boletin Verde I. VDK. Hannover, 1955.
- [9] Jacob, A.; Von Uexküll, H.: Fertilizer use. Hannover, 1958.
- [10] Chapman, H. D.; Brown, S. M.: Analysis of orange leaves for diagnosing nutrient status with references of potassium. Hilgardia, 19: 501, 1950.
- [11] Chapman, H. D.; Fullmer, F.: The potassium and phosphorus question. Calif. Citrograph. 36:169. 1951.
- [12] West, E. S.: Zinc-cured mottle-leaf in citrus induced by excess phosphate. Austral J. Council. Sci. Ind. Research, 11:182, 1938.
- [13] Bingham, M. T.; Martin, J. P.: Effects of soil phosphorus on growth and minor element nutrition of citrus. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 20:382, 1956.
- [14] Bingham, M. T. et al.: Effects of phosphorus fertilization of Californian soils on microelement nutrition of citrus. Soil Sci., 86:24, 1958.
- [15] Chapman, H. D. et al.: The production of citrus mottle-leaf in controlled nutrient cultures. J. Agr. Research, 55:365, 1937.
- [16] Labonaukas, C. K. et al.: Effects of soil application of nitrogen, phosphorus, potassium, dolomite and manure on the micronutrient concentration in Valencia orange leaves. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 73:257, 1959.
- [16a] Reuther, W.; Smith, P.: A preliminary report on the relation of nitrogen, phosphorus and magnesium fertilization to yield, leaf composition and the incidence of zinc deficiency in oranges. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 56:27, 1950.
- [16b] Reuther, W. et al.: Leaf analysis as a guide to orange nutrition. Better crops with plant food, 46:(3) 44, 1962.
- [16c] Harding, R. B. et al.: A comparison of the macroelement composition of orange leaves from nonfruiting and fruiting terminals. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 80:255, 1962.
- [16d] Bradford, G. R. et al.: A comparison of the microelement composition of orange leaves from nonfruiting and fruiting terminals. Ibid, 83:291, 1963.
- [16e] Chapman, H. D.; Pratt, P. F.: Methods of analysis for soils, plants and waters. Riverside, Calif., 1961.
- [17] Bear, F. E. et al.: Hunger signs in crops. Washington, D. C. 1949.
- [18] Weber, H. J.; Batchelor, L. D.: The citrus industry. Los Angeles Calif., 1948.
- [19] Bauman, F. T.: Citrus growing in Australia. Sydney, 1956.
- [20] Reed, H. S.; Dufrenoy, J.: The effect of zinc and iron on the cell structure of mottled orange leaves. Hilgardia, 9:113, 1935.
- [21] Bradford, G. R.; Harding, R. B.: A surveying of microelements in leaves of forty-three high producing orange orchards in South California. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 70:252, 1957.
- [22] Reuther, W. et Smith, P. F.: Analyse des plantes et problèmes des engrais minéraux. Chap. 6, IRHO, Paris, 1954.
- [23] Jones, W. W. et al.: Leaf analysis, a guide to fertilizer need. Calif. Citrograph, 40:332, 1955.
- [24] Gaddum, I. W. et al.: Spectrographic studies of the composition of tissues and corresponding soils of normal and physiologically diseased horticultural crops. Rept. Fla. Agr. Expt. Sta.,

- 1955—1956.
- [25] McGeorge, W. T.: A study of lime-induced chlorosis in Arizona orchards. Univ. Ariz. Agr. Expt. Sta. Tech. Bull, 117, 1949.
- [26] Leonard, C. D.; Steward, I.: Soil application of zinc for citrus on acid sandy soils. Proc. Fla. Hort. Sci., 71:99, 1958.
- [27] Bingham, F. T.; Martin, J. P.: Effects of phosphorus on minor elements. Calif. Citrograph, 40:246, 1955.
- [28] Bar-Akiva, A.: Biochemical indications as a means of distinguishing between iron and manganese deficiency symptoms in citrus plants. Nature, 190:647, 1961.
- [29] Stewart, I.; Leonard, C. D.: Calif. Citrograph, 37:427, 1952 (参见于 Malarvta, E.; Haag, H. P.: On mineral nutrition of some tropical crops. Berne, 1962).
- [30] Stewart, I.; Leonard, C. D.: Molybdenum deficiency in citrus. Proc. Fla. Hort. Soc., 64: 51, 1951.
- [31] Stewart, I.; Leonard C. D.: Citrus nutrition studies—molybdenum deficiency. Ann. Rept. Agr. Expt. Sta., Univ. Fla. 1952.
- [32] Stewart, I.; Leonard, C. D.: Molybdenum deficiency in Florida citrus. Nature, 170:714, 1952.
- [33] Stewart, I.; Leonard, C. D.: Molybdenum requirements of Florida citrus. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 62:111, 1954.
- [34] Vanselow, A. P.; Datta, N. P.: Molybdenum deficiency of the citrus plant. Soil Sci., 67: 363, 1949.
- [35] Chapman, H. D.; Vanselow, A. P.: Boron deficiency and excess. Calif. Citrograph, 40:455. 1954; 41:31, 1955.
- [36] Smith, P. F.; Reuther, W.: Observation on boron deficiency in citrus. Proc. Fla. Hort. Soc., 62:31, 1949.
- [37] McColloch, R. C. et al.: Relation of soil potassium and magnesium to magnesium nutrition of citrus. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 21:85, 1957.