

外籍学者讲学材料之二十四

柑桔营养分析及综合利用

美国佛罗里达大学柑桔试验站

丁锡文教授

(1981.10.15—10.31)

农业部教育局

华中农学院

一九八二年十月

前 言

柑桔果实经济价值高，又是营养丰富的保健食品。原产我国，优良品种资源非常丰富，现在长江以南有14个省（区）推广栽培，是我国的重要果品。目前世界上有90个国家生产柑桔，每10年间产量增加60%左右。1969年全世界产果3,830万吨，1979年产果达5,410万吨，1981年估计产量为5,600万吨，居世界上所有水果产量之冠，因此受到各国政府和人民的重视。

柑桔的矿质营养，氮、磷、钾、钙及微量元素的需要和用量对于不同品种生长发育，以及产量、品质的关系；叶片营养分析作为合理施肥的科学指标；柑桔果实的采后生理、生理病变、和现代防腐保鲜的贮藏技术；柑桔果实的化学组成；果皮、香精、果胶和饲料的综合利用；果实营养成分、维生素C、B₁、B₆、A、糖、有机酸和许多可溶性矿物质元素对人体健康的价值；以及柑桔最主要的橙汁、汽水桔汁和其他饮料的现代加工技术，都是我国需要研究学习的科学资料。

丁锡文博士在解放前担任原金陵大学园艺系教授，现任美国佛罗里达大学柑桔试验站教授。对于柑桔的生理、生化、营养分析和果实加工进行过深入的研究，发表过许多有价值的论文，是这一学科的著名专家。

1981年10月15—31日，丁锡文教授在华中农学院讲学，事先编写了详细的讲稿，放映了300多张幻灯片，对全国农业高等院校和果树科研单位的一百余教师、学者进行了半个月的讲授。这是他对祖国的热爱和学术交流上的一项重大贡献。为了扩大学习范围，特再编印成册，供有关科学工作者的参改。

华中农学院 章文才

1982年1月

柑桔营养分析及综合利用

目 次

(一) 柑桔的矿质营养.....	(1)
(二) 柑桔的营养分析.....	(19)
(三) 柑桔果实的采后生理、生理病变和贮藏呼吸过程.....	(30)
(四) 柑桔果实及其化学组成.....	(40)
(五) 柑桔的付产品.....	(43)
(六) 柑桔的营养成分、食品价值、维生素及矿物质.....	(45)
(七) 柑桔的加工.....	(49)

第一部分柑桔的矿质营养

柑桔的矿质成分

在柑桔中含有的矿质元素，对其生长有一些是必需的，有一些是非必需的。当必需元素缺乏时，植株就表现出各种缺素症状，非必需元素是从它们所存在的土壤中被被动地吸收进来的。

在必需元素中，它们可分为大量微量和痕量养分（表1）。这样分类是根据柑桔生长所需要的量而划分的。

表1、柑桔的矿质养分

大量元素	氮、磷、钾
微量元素	钙、镁
痕量元素	铁、锰、锌、铜、硼、钼
已知是必需的	
痕量元素	铝、钾、钡、溴、氯、铬、钴、氟、镓、铟、铅、锂、镍
非必需的	银、锶、锡、钛、钒

柑桔的矿质养分

氮 氮是一切生物的必需元素，是蛋白质的主要成分并且与植物代谢相联系，柑桔需要氮肥的量比其他任何肥料都要多，由于可溶性氮化合物的土壤淋失和其它一些挥发性的损失，所以成功的商品柑桔生产需要大量的氮肥，仅硝酸态氮土壤淋失就达到50%。

氮肥的类型

- A、硝酸态氮： 例如：硝酸钠、硝酸钾、硝酸氨、其它。
- B、氨态氮： 例如：硫酸氨、硝酸氨。
- C、尿素 被认为是氨态氮
- D、自然氮： 厩肥及垃圾

柑桔树能吸收硝酸态及氨态两种类型的氮，理论上，硝酸态氮比氨态氮更速效地被树利用，因为它溶于土壤溶液并且容易被运转到根区。氨态氮溶于土壤水分，但在许多种土壤中它不能象硝酸态氮那样自由的移动。氨离子被吸附在土壤粒子的交换复合物上，直到被土壤中的其它有交换能力的阳离子所替换，氨离子比较容易地随水分通过土壤移动，这可以说明在沙质土中，硝酸态氮与氨态氮之间为什么没有太多差别的原因。

氨态氮在土壤中可以硝化成硝酸态氮，硝化作用的速度受土壤温度，土壤PH和土壤湿度的影响。土壤的PH还会影响一些象硫酸氨或硝酸氨这样的氮肥释放氨，当尿素被微生物水解成氨，它便以氨态氮被植物吸收，它也能以尿素的形式被根吸收并在植物体内水解。施用尿素之后出现黄尖，是由于二缩尿的毒性，二缩尿是制造尿素时的杂质，尿素也可应用于

叶片喷施。在施用时,尿素含二缩尿量必须低于0.25%,含二缩尿低于0.25%的尿素1.9—3.4公斤应当用378立升水,施用于大约650m²。

柑桔由于缺氮可表现出对营养生长的抑制作用,然而,由轻度或适度缺氮的试验中没有看出显著的差别。一般叶分析指出氮应保持在叶干重的2.0%。表2说明严重缺氮对树和果实的影响,黄叶可能由于氮只占叶干重的1.25—1.75%。

表 2 缺 氮 的 影 响

叶 及 生 长 特 征

- 1.暗绿,带黄色的,而且叶较小,叶一般色均匀
- 2.当缺氮严重时,减少生长或完全停止生长
- 3.枝条顶梢枯死并逐渐落叶,结果形成顶部出现稀疏丛生枝
- 4.前期适当施用氮肥的树叶呈绿色,减少供氮素导致老叶及枝条上显现条纹(在柠檬上特别显著,但在橙、葡萄柚及桔类上有时可看到)。而且,在原先的绿叶上可以发展黄斑。
- 5.如果不是太老或衰老的黄色缺氮叶,当用尿素喷施或根施供给氮素时,绿色可以完全恢复。
- 6.当缺氮严重时,花显著减少。
- 7.在结果枝上缺氮的影响是更严重的。

结 果 及 果 实 性 状

1.果实产量减少

- 2.果实常较光滑,有时但不是经常的较小些,而有时含酸量低。品质一般影响不显著。

组 织 分 析 价 值

- 1.黄色叶表示总氮量占干物质的1.25—1.75%。暗绿到绿色叶表示总氮量占1.75—2.1%。

氮素存在于柑桔叶的所有部分,在19年生葡萄柚树早期试验中,树重超过539公斤,干重总量是273公斤,氮的总量是2.06公斤或平均占干重的0.75%,这株树的叶和未成熟的果实的含氮量约占全树总氮的23%,但其干物质仅占总干重的8%左右,下表列出氮在一株树内的分布。

表 3 在一株成年葡萄柚树中氮的分布

	鲜重(公斤)	干重(公斤)	占总数的%	氮总重(克)	在干重中的%	分布的%
叶	51.3	15.2	5.54	368	2.41	17.8
未成熟果	34.5	7.5	2.75	118	1.56	5.72
新枝	5.9	2.3	0.84	27	1.18	1.32
小枝(1/2'')	25.9	13.6	4.96	91	0.67	4.41
主枝(1/2'')	178.0	111.4	40.77	436	0.39	21.13
主干	49.5	28.8	10.51	136	0.47	6.61
须根	114.4	40.9	14.95	418	1.02	20.24
大根	79.4	53.8	19.68	468	1.87	22.66
	538.9	273.4		2061	0.75	

如果一个果园一年有10公吨的产量的话，就要失去12公斤的氮（表4），因产量而失去大量的矿质养分是钾，10公吨的果实中钾就有23公斤，此结果是由佛州试验站，对三个橙类的品种按四种施氮量即每公顷67，134，202及269公斤，历时五年得到的，对叶的分析，果实产量、果实及果汁的品质等都作了研究。

增施氮使叶中含氮量以及钙和镁都一致地增高。但钾减少了而磷略有减少（表5）。

果实产量显然随施用低氮到中等氮而增加，但是随着更多的增施氮而产量的增加不多，实际上说明在最高级施氮量，产量减少了。果实大小（直径）和果重两方面随着施氮量的增加而减小，施用较高氮的果树，橙黄色的果实少些，而绿色果实较多。果实在少氮时，也会有抗伤害性较弱的果皮（表6）。

氮还会使果汁的可溶性固形物和可滴定酸两方面都有轻度的增加，对果汁的橙黄色也有同样的作用。（表7）

表4 结果树每年耗费的各种元素

元 素	元素的总量 10公吨	元 素	元素的总量 10公吨
钙	9.5公斤	硅	250 克
镁	1.7 "	铁	25 "
钾	23.2 "	硼	24 "
钠	1.8 "	铝	15 "
磷	2.7 "	氟	7 "
硫	1.3 "	锌	7 "
氮	12.0 "	钠	4 "

表5 氮肥对佛州三个甜橙品种的叶类矿质含量的影响

测 定	品 种	氮				显著性*
		N—1	N—2	N—3	N—4	
N(%)	哈姆林	2.17	2.56	2.61	2.67	5/5
	凤梨甜橙	2.22	2.58	2.69	2.81	5/5
	伏令夏橙	2.14	2.44	2.54	2.58	5/5
K(%)	哈姆林	2.33	1.75	1.59	1.56	5/5
	凤梨甜橙	2.29	1.83	1.73	1.65	5/5
	伏令夏橙	2.00	1.56	1.47	1.39	5/5
N(%)			2.50	2.59	2.68	5/5
P(%)			.13	.12	.12	4/5
K(%)			1.56	1.39	1.41	5/5
Ca(%)			3.13	3.16	2.90	2/5
Mg(%)			.44	.45	.46	5/5

*数据有显著差异的年数/收集数据的年数

表6 氮肥对果实产量和性状的影响

测定	品种	氮				显著性*
		N—1	N—2	N—3	N—4	
果实产量 (公吨/公顷)	哈姆林	32.0	51.9	33.7	51.8	5/5
	凤梨甜橙	26.9	40.3	41.6	40.2	5/5
	伏令夏打	22.8	37.5	39.6	37.4	5/5
果实直径 (厘米)	哈姆林	7.52	7.37	7.32	7.24	4/5
	凤梨甜橙	7.77	7.67	7.67	7.59	4/5
	伏令夏橙	7.95	7.85	7.87	7.72	4/5
重量 (克)	哈姆林	193	180	176	170	5/5
	凤梨甜橙	214	200	198	192	5/5
	伏令夏橙	242	231	228	215	5/5
颜色	哈姆林	34.1	30.5	24.4	25.2	3/4
	凤梨甜橙	9.4	9.9	10.0	6.8	2/4
	伏令夏橙	10.7	20.8	20.7	17.4	3/4
绿果 (%)	哈姆林	15.2	26.1	26.8	26.4	5/5
	凤梨甜橙	21.5	31.8	36.6	33.8	5/5
	伏令夏橙	18.3	31.8	32.8	30.3	5/5
风伤 (%)	哈姆林	20.5	17.3	18.0	16.7	3/4
	凤梨甜橙	12.9	9.5	9.0	9.7	3/4
	伏令夏橙	17.9	12.2	10.5	11.5	3/4
果锈 (%)	哈姆林	7.2	4.6	3.3	4.3	5/5
	凤梨甜橙	6.6	4.5	3.9	4.1	5/5
	伏令夏橙	11.5	5.0	3.5	4.4	5/5
下坠 (%)	哈姆林	1.28	1.02	1.15	1.16	1/2
	凤梨甜橙	5.14	2.90	2.22	286	2/2
	伏令夏橙	.70	.58	.35	.57	1/2

*数据有显著差异的年数/收集数据的年数。

磷 磷是存在于每一个植物细胞内的核蛋白的组分，显然是细胞进行分裂所必需，它也是卵磷脂和其它化合物的组分，通常存在于酶中并与细胞内有关氧化—还原作用交换反应方面具有一定的功能，这个元素是绿色植物正常生长所必不可少的元素。

柑桔不要求很多的磷而缺磷也不象缺其他养分容易识别。直到40年代中期以前对柑桔的缺磷还没有明确的鉴定，佛州的研究者在酸性土壤的田间试验指出土壤少磷的小区，柑桔有较小而狭窄的叶，营养生长差，而且果实变软，果皮粗糙但果皮厚而有色泽，果汁酸度较高，从各方面的研究搜集来有些缺磷的症状汇总于表8。

在佛州的试验指出施磷增加叶的含磷量及果实产量，而且在葡萄抽中重量增加，表9亦说明磷对柑桔果实内在品质的影响。

表7 氮肥对果汁品质的影响

测定	品种	氮				显著性*
		N-1	N-2	N-3	N-4	
果汁(%)	哈姆林	51.6	54.6	54.6	55.0	4/5
	凤梨甜橙	56.1	55.7	55.7	56.2	2/5
	伏令夏橙	58.6	59.2	59.2	59.6	4/5
可溶性	哈姆林	9.5	9.6	9.7	9.7	2/5
固形物	凤梨甜橙	10.4	10.7	10.5	10.7	1/5
	伏令夏橙	11.8	11.7	11.9	12.0	2/5
	哈姆林	0.74	0.75	0.77	0.77	4/5
酸(%)	凤梨甜橙	0.72	0.74	0.74	0.74	2/4
	伏令夏橙	0.76	0.79	0.83	0.83	4/5
	哈姆林	12.8	13.0	12.8	13.0	2/5
可溶性	哈姆林	12.8	13.0	12.8	13.0	2/5
固形物/酸 比例	凤梨甜橙	14.6	14.6	14.5	14.6	1/5
	伏令夏橙	15.6	15.0	14.6	14.5	4/5
	哈姆林	25.2	27.1	27.0	27.4	3/3
柑桔红 (CR)	凤梨甜橙	31.7	32.1	32.9	32.7	3/3
	伏令夏橙	45.3	45.9	46.3	46.1	3/3
	哈姆林	62.9	65.4	65.9	66.7	3/3
柑桔黄 (CY)	凤梨甜橙	73.1	73.3	75.4	75.8	2/3
	伏令夏橙	77.2	78.1	78.7	78.2	3/3
	哈姆林					

* 数据有显著差异的年数/收集数据的年数

表8 磷与柑桔生长

叶 与 生 长 特 征

- 1、春季开花时和开花后，老叶过多脱落
- 2、在老叶的尖端或边缘灼伤的部位，当春季开花时期掉落。
- 3、老叶青铜色，无光泽；这种叶磷含量低，而氮含量高
- 4、花稀疏并且新抽春梢生长弱
- 5、春梢瘦弱小枝有些顶梢枯死
- 6、在更严重阶段树的生长减弱而且叶片薄；然而尽管在树的早衰情况下，仍然有些新梢的顶端生长定期发生。如有风和高温更容易使树发生落叶及顶梢枯死。
- 7、作为从属的情况，叶可发生中度缺锰模式。
- 8、在柠檬叶的上表面，发生大的，不规则的青铜色胶疣。橙叶一般地很少有这种情形。

结 果 和 果 实 特 征

- 1、当中度缺磷时，产量显著减少。
- 2、成熟中的果实变得早熟性的柔软和疏松，中心柱分离，更甚者囊瓣也分离。

- 3、不正常的采前落果
- 4、果皮比该品种平常要厚些及粗糙些，而少有皱纹。
- 5、可能由于产量减少，果实的大小稍有增加。
- 6、果皮橙色加深
- 7、有畸形果实的趋势
- 8、果汁少些而果肉更多
- 9、果汁酸度增加
10. 维生素 C 增加

表 9 磷对柑桔果实产量及品质的影响

栽培种	处理 公斤/亩	叶片磷	果实产量 公斤/树	果实重 量(克)	果汁 重量%	可溶性固 形物(%)	酸 (%)	可溶性固 形物/酸 比
坦普尔	0	·157	110	194	63.5	13.4	1.21	11.1
甜橙	127	·164	128	190	63.4	13.1	1.10	12.0
显著性*		3/6	2/6	2/6	2/6	0/6	3/6	5/6
伏令夏橙	0	·109	203	202	48.8	11.4	0.99	11.6
甜橙	59	·115	238	206	48.7	11.0	0.91	12.1
显著性*		2/5	3/5	0/6	0/5	2/5	3/5	2/5
马叙葡萄柚	0	·095	184	354	41.2	8.8	1.21	7.30
葡萄柚	126	·115	309	360	47.5	8.7	1.14	7.69
显著性*		3/3	1/1	2/3	3/3	0/3	2/3	2/3

*注：数据有显著差异的年数/收集数据的年数

叶分析的研究说明下列不同的磷素状况下树体中磷的含量。

表10 柑桔叶中磷的含量

磷 状 况	干叶中磷的平均值	
	范围	平均
缺磷	0.058—0.0%	·080
轻微缺磷	0.074—0.117%	·100
中等水平供磷	0.098—0.139%	·130
高水平供磷	0.127—0.169%	·150

叶片 磷含量作为柑桔树中磷的状况的指标比土壤分析要好一些。因为有些磷由于土壤 pH 是无效的。过量施用磷是浪费而且有时阻止其它元素如锌、铜、硼及锰的有效性，具有过多磷的树还可能表现出缺氮症状。

磷最有效的来源是磷酸氢钙或含磷 8—9 % 的过磷酸盐或含磷 20 % 左右的三磷酸盐。

钾 在植物生长中钾被认为是大量的重要元素，对它的确切的功能知道得相当少，它在氨基酸和蛋白质合成作用中是必需的，它也可能是调节剂，特别是控制细胞液的 pH，看来钾影响幼树的生长和细胞分裂。

钾在植物体内和土壤中，都是非常容易移动的，在阳离子交换容易非常低的沙质土壤中，被交换复合物所保持的钾量很低而且容易被其他阳离子所代换柑桔树从沙质土壤中吸收钾非常有效，这也可以说明为什么常常对土壤检验显示缺钾，而作叶分析却显示出树中含有富裕的钾，在粘质土壤中钾紧密地保持在交换复合物中，由土壤施用钾肥难于影响树中钾的状况。在这种情况下，一般不施用钾肥，因为既使处在适度低水平，钾在树内状况是完全稳定的。叶面喷施硝酸钾对增加柑桔叶中钾的浓度是有效的，而土壤中施钾是无效的，特别在具有高交换容量的土壤中是无效的。

在佛州情况下，经过五年试验对三个甜橙品种，按照每公顷56公斤，112公斤167公斤及223公斤加钾于土壤中，增加钾显著增加叶中的钾，但不影响氮或磷而降低了钙和镁(表11)，增加钾仅轻微影响果汁产量和果汁可溶性固形物的含量，但明确地引起可滴定酸的增加，随着导致可溶性固形物与酸的比例增加，对果汁颜色的影响不明显(表12)。

当以低比率施用钾时，在所有三个品种中果重、大小及产量都有所增加。过多的钾仅对大小和重量方面有轻微变化，而对产量稍有减少(表13)。

表11 柑桔叶中钾对矿质营养物的影响

测 定	品 种	钾				显著性*
		K-1	K-2	K-3	K-4	
叶中钾	哈姆林	1.39	1.78	1.95	2.12	5/5
干重的%	凤梨甜橙	1.43	1.80	2.02	2.25	5/5
	伏令夏橙	1.27	1.58	1.72	1.86	5/5
叶中氮	哈姆林	2.49	2.49	2.52	2.51	0/5
干重的%	凤梨甜橙	2.57	2.55	2.58	2.60	0/5
	伏令夏橙	2.40	2.42	2.45	2.43	0/5
氮		2.46	2.47	2.49	2.48	0/5
磷		0.13	0.13	.18	.13	0/5
钾		1.23	1.59	1.76	1.93	5/5
钙		3.32	3.08	2.89	2.79	5/5
镁		0.48	0.43	.40	.37	5/5

*注：数据有显著差异年数/收集数据的年数。

表12 含钾率对果汁品质的影响

果汁品质	品 种	钾				显著性*
		K-1	K-2	K-3	K-4	
果汁产量%	哈姆林	54.1	53.9	53.6	53.8	1/5
	凤梨甜橙	55.8	55.7	56.0	56.1	1/5
	伏令夏橙	59.5	59.3	59.2	58.7	1/5
可溶性	哈姆林	9.7	9.6	9.5	9.6	2/5
固形物%	凤梨甜橙	10.6	10.6	10.6	10.6	1/5

柠檬酸 (%)	伏令夏橙	12.0	11.9	11.8	11.6	3/5
	哈姆林	0.69	0.76	0.78	0.80	5/5
	凤梨甜橙	0.69	0.73	0.75	0.77	4/5
	伏令夏橙	0.79	0.80	0.81	0.80	1/5
可溶性 固形物/酸 比	哈姆林	14.2	12.8	12.4	12.1	5/5
	凤梨甜橙	15.4	14.6	14.2	13.9	5/5
	伏令夏橙	15.6	14.9	14.6	14.6	5/5
	哈姆林	27.8	26.5	26.4	26.0	1/3
柑桔红(色素)	哈姆林	27.8	26.5	26.4	26.0	1/3
	凤梨甜橙	32.8	32.3	32.0	32.3	0/3
	伏令夏橙	45.7	45.8	45.7	46.2	0/3
	哈姆林	66.5	65.1	64.8	64.6	2/3
柑桔黄(色素)	哈姆林	66.5	65.1	64.8	64.6	2/3
	凤梨甜橙	75.4	74.5	74.6	74.1	0/3
	伏令夏橙	78.7	78.1	77.8	77.3	2/3
	哈姆林	78.7	78.1	77.8	77.3	2/3

*注: 数据有显著差异的年数/收集数据的年数

表13 钾对果实性状的影响

测 定	品 种	钾				显著性*
		K—1	K—2	K—3	K—4	
果实产量 公吨/公顷	哈姆林	44.3	48.1	48.5	48.1	4/5
	凤梨甜橙	34.4	38.4	38.0	37.7	3/5
	伏令夏橙	32.0	36.8	34.5	34.1	3/5
	哈姆林	166	178	187	187	5/5
重量 (克)	哈姆林	166	178	187	187	5/5
	凤梨甜橙	187	198	209	211	5/5
	伏令夏橙	209	231	235	242	5/5
	哈姆林	7.16	7.37	7.44	7.47	5/5
直径 (厘米)	哈姆林	7.16	7.37	7.44	7.47	5/5
	凤梨甜橙	7.49	7.54	7.77	7.80	5/5
	伏令夏橙	7.62	7.85	7.90	8.00	5/5
	哈姆林	26.2	25.0	32.1	31.8	3/4
颜色** (0—100)	哈姆林	26.2	25.0	32.1	31.8	3/4
	凤梨甜橙	7.8	9.7	9.1	9.4	2/4
	伏令夏橙	15.2	14.7	23.0	19.9	3/4
	哈姆林	21.3	23.3	24.4	25.2	1/5
橙色—绿色 绿果 (%)	哈姆林	21.3	23.3	24.4	25.2	1/5
	凤梨甜橙	28.3	29.8	30.3	33.5	1/5
	伏令夏橙	26.6	27.0	29.3	28.7	1/5
	哈姆林	17.7	18.4	17.8	18.6	0/5
风疤 (%)	哈姆林	17.7	18.4	17.8	18.6	0/5
	凤梨甜橙	9.9	10.7	10.3	10.0	0/4
	伏令夏橙	12.2	12.9	13.8	13.1	0/4
	哈姆林	4.8	4.9	5.0	4.7	0/5
果锈 (%)	哈姆林	4.8	4.9	5.0	4.7	0/5
	凤梨甜橙	5.6	4.6	4.8	4.6	0/5
	伏令夏橙	6.4	6.0	6.6	5.6	0/5
	哈姆林	1.45	1.29	1.06	0.91	1/2
下坠果 (%)	哈姆林	1.45	1.29	1.06	0.91	1/2
	凤梨甜橙	3.58	3.62	3.26	2.66	1/2
	伏令夏橙	.90	0.59	0.35	0.35	1/2
	哈姆林	.90	0.59	0.35	0.35	1/2

*注: 数据有显著差异的年数/收集数据的年数

**注: 颜色等级: 0—100深橙色—暗绿色。

图示柑桔叶中钾含量间相关总结如下

特 征	叶中钾含量(干重)			
	0.3	0.7	1.3	1.7
果实大小		增 加		轻微增加
产量	增 加		轻微增加	
果实数量	增 加		无 影 响	
采前落果	减 少		无 影 响	
果皮厚		增 加		
粗糙		增 加		
颜色		轻微增加		
口青		轻微增加		
果汁中维生素 C		增 加		
果汁中含酸量(%)		轻微增加		
果汁中可溶性固形物(%)		轻微减少		
果汁(%)		减 少		
可溶性固形物/酸比		减 少		
氮		无 影 响		
磷		无 影 响		
镁		减 少		
钙		减 少		

在土壤交换容量高而雨水少的地方，施钾应用13.6公斤/378立升的浓度，每公 顷 喷 射 5744立升。

氯化钾可供钾51%或硫酸钾可供钾22%。

硝酸钾含有钾37%，换算钾成 K_2O ，乘以1.2。

表14、缺钾的影响：

叶片及生长特征：

- 1.首先使生长及叶片大小受到影响。
- 2.叶片扭曲、卷曲、褶皱、内卷、当缺钾严重的时候。
- 3.春季开花后叶片大量脱落，许多脱落叶片呈黄色，往往比老熟叶片要黄些。但这种现象，在葡萄柚上不发生。
- 4.细弱枝梢枯死。
- 5.发生细弱新枝，枝梢基部呈黄色，枝皮皱缩，容易脱落。
- 6.叶片缺绿叶素而呈古铜色。
- 7.有些叶片呈斑点状黄褐色，部分叶脉呈黄色。有时呈黑色死斑。
- 8.有些呈缺铁症黄化叶片。
- 9.在阳光直射下，叶片容易日灼。
- 10.枝干上容易流胶。

11.花量减少，但着果率不致降低。

结果及果实特征：

1.缺钾的树株，果实变小，早黄。

2.果皮光滑，皮薄。

3.果汁及品质不致下降。

4.果汁酸味略减，可溶性固形物不致下降。

5.缺钾时，果实容易裂果。

6.缺钾时果皮多皱。

7.落果比较严重。

8.缺钾的果实不耐贮藏。

组织分析的评价

1.缺钾严重的叶片，在干物质中仅有钾元素0.06—0.25%。

2.当叶片中含钾达0.3—1.0%，钾的吸收量在1.25—1.75%时，果实体积增大。

3.在缺钾的树株中，钙、镁、钠、硼、氮在叶片中增加含量，但铁降低。

4.柑桔树的正常营养状态，以钾在叶片中含量1.20—1.70%干重为合适，如需要提早成熟或果实较小时，钾肥可以减少。

附 录

分 析 方 法

1.氮—半微量凯达尔定氮法

试剂：

(1) Hengar硒粒—硫酸钾—硫酸铜混合物。按重量比50：1配制由硫酸钾和硫酸铜两种盐组成的混合物。(如果没有可利用的Hengar硒粒，可以用50份硫酸钾，1份硫酸铜和1份金属硒粉制备成混合物)。

(2) 硫酸—化学纯浓硫酸

(3) 饱和硼酸溶液—称取666克硼酸(最好用结晶状硼酸)，置于16升试剂瓶中，加蒸馏水16升和用50%乙醇配制的0.05%甲基红和0.05%溴甲酚绿混合指示剂溶液100毫升。

(4) 氢氧化钠—45%，称取450克化学纯氢氧化钠溶解于大约50毫升水中，冷却后用水稀释至1升。建议配制此溶液时一次制备16升。

(5) 0.1当量盐酸—量取162毫升浓盐酸用蒸馏水稀释至18升。用已知当量浓度的碱溶液标定，由于本实验室常用0.4063 N氢氧化钠溶液，因此盐酸浓度可用这种标准碱溶液。标定(如果用二苯基胍)(分子量=211.25)标定，称取0.4225克二苯基胍置于250毫升锥形瓶中，添加70毫升95%乙醇和2—3滴甲基红指示剂，用0.05 N盐酸滴定至溶液显红色即为终点。

(6) 金属锌粒20—30目

方法

取一部分磨碎的叶片样品置110℃烘箱中干燥约半小时，冷却后用扭力天平称取0.500克，转移至100毫升凯氏烧瓶内，加1匙硫酸钾—硫酸铜混合物，1—3粒Hengar硒粒（视颗粒大小而定）和7毫升浓硫酸。开始时在低温慢慢消化，等急剧反应平息时升高温度，使全部有机物完全被消化为止，等烧瓶内容物冷却后加入约30毫升蒸馏水，混合后冷却至45°F，沿瓶壁小心加入45%氢氧化钠溶液25毫升，注意勿使之混合，加入1匙锌粒，然后同预先洗涤过的蒸馏仪器连结，检查全部连接处是否漏气，混合烧瓶内容物，用盛有25毫升饱和硼酸溶液的锥形瓶接收大约25毫升蒸馏液，拆卸蒸馏仪器，并用蒸馏水洗冷凝管出口管外壁，以标准盐酸溶液滴定至溶液从绿色变为粉红色。即为终点。

在用新配制的试剂时，必须用0.500克蔗糖作一空白试验。

计算

$$\% = \frac{\text{盐酸ml数} \times \text{盐酸当量浓度} \times 0.014}{\text{样品重(克)}} \times 100$$

2. 磷—钒酸盐溶液测定法

试剂：硝酸—钼酸盐—钒酸盐混合物

溶液（1）—溶解50克钼酸铵于800毫升蒸馏水

溶液（2）—溶解2.5克偏钒酸铵于600毫升煮沸蒸馏水，冷却，加入500毫升浓硝酸，冷却至室温。

钒酸盐试剂—将溶液（1）倾入溶液（2）中，稀释至2升。

标准溶液

标准溶液—用0.2195克 KH_2PO_4 /升或0.2812克 KH_2PO_4 /升溶液配制成含50PPm磷的标准液。

应用标准溶液：

吸取含100、200、300、400、500和微克磷的标准溶液2、4、6、8、10、12毫升，分别置于六个50毫升玻瓶中。

方法：

吸取整份样品消化稀释溶液（消化1克叶片样品，用去离子水稀释至100毫升，取20毫升整份溶液），置于50毫升容量瓶中，添加10毫升试剂，稀释至刻度，过10分钟后，用400—490纳米滤光片测量光密度值，与标准溶液的比色方法相同，从标准曲线上查得样品中的磷含量。

计算：

$$\% \text{干叶片中磷} = A \times F$$

A 样品瓶中磷含量（微克）

$$\text{因素公式：} F = \frac{1}{1000,000} \times \frac{1}{\text{样品重(克)}} \times \frac{\text{总体积(毫升)}}{\text{测定取用体积(毫升)}}$$

$$\times \frac{100}{1} = 0.0005$$

$$\frac{1}{1000,000} \times \frac{1}{1} \times \frac{100}{20} \times \frac{100}{1} = 0.0005$$

3. 钾—火焰光度法（原子发射光谱）

标准物：

称取2.103克KCl，用去离子水溶解并稀释至1升。此溶液含1000PPmK、取此溶液100毫升用水稀释至1升，则稀释液含100PPmK，取含100PPmK的稀释液5、10、15、20和25毫升。标准应用液分别含5、10、15、20和25PPmK。

方法：

取4毫升整份样品溶液、置于50毫升容量瓶中，用去离子水稀释至刻度，用火焰光度计测定，从标准曲线上计算钾含量（PPm）。

仪器：

火焰光度计或原子吸收分光光度计，发射型，波长772纳米。

计算：

$$\text{干叶片钾}\% = \frac{\text{PPm (从标准曲线上查得)}}{\text{体积}} \times \text{因数}$$

$$\text{因数} = \frac{\text{最终稀释毫升数}}{\text{测定用体积毫升数}} \times \frac{\text{消化液体积}}{\text{叶片克数}} \times \frac{100}{1000,000}$$

例：消化1克干叶片，定容至100毫升，取此溶液4毫升，最后稀释至50毫升。

$$\text{目数} = \frac{4}{50} \times \frac{100}{1} \times \frac{100}{100,000} = 0.125$$

4. 钙—火焰光度法：

标准溶液：

称取2.4972克冰晶石结晶（加入数毫升盐酸使之溶解），用去离子水定容至1升，含100PPmCa，吸取此溶液100毫升，稀释至1升，则此溶液含100PPmCa、吸取100PPmCa溶液10、20、30、40、50和60毫升，分别置于6个100毫升容量瓶中用去离子水定容，供原子吸收测定用的标准应用液的钙含量范围为10—60PPm、浓度较低的标准钙含溶液度为2—10PPm。

方法：

取1克磨碎的干叶片组织，消化后用去离子水定容至100毫升，吸取2毫升整分溶液再定容至50毫升，用火焰光度计或原子吸收分光光度计测定，用原子吸收分光光度法测定时可取1毫升整份溶液，稀释至最终体积为100毫升。

仪器：

火焰光度计或原子吸收光度计波长424纳米。

计算:

干叶中钙% = PPm (从标准溶液得到) × F

$$\text{因数}(F) = \frac{\text{最终体积(毫升)}}{\text{整份溶液体积(毫升)}} \times \frac{\text{消化液体积(毫升)}}{\text{叶片重(克)}} \times \frac{100}{1000000}$$

$$\text{火焰光度法因数}(F) = \frac{50}{2} \times \frac{100}{1} \times \frac{100}{1000,000} = 0.250$$

$$\text{原子吸收分光光度法因数}(F) = \frac{100}{1} \times \frac{100}{1} \times \frac{100}{1000,000} = 1$$

5. 镁—8—羟基喹啉法

试剂:

1) 草酸—酒石酸溶液—称取30克草酸和250克酒石酸溶解于原离子水, 调整最终体积达到1000毫升。

2) 0.25 N氢氧化钠溶液—10克氢氧化钠溶解于去离子水并稀释至1升。

3) 45%氢氧化钠—45克氢氧化钠溶解于100毫升去离子水。

4) 盐酸5%。

5) 5%氰化钾溶液—5克氰化钾/100毫升溶液。

6) 麝香草酚兰溶液—0.05克溴麝香草酚兰溶解于100毫升50%乙醇中。

7) 1% 8—羟基喹啉溶液—1克8—羟基喹啉溶解于100毫升乙醇。

8) 钙溶液—2.5克碳酸钙置于1升玻璃瓶中, 加入100毫升去离子水和5毫升浓盐酸, 碳酸钙溶解后定容至1升。

9) 洗涤液—179毫升浓 NH_3 、 H_2O 用去离子水稀释至500毫升, 加入500毫升乙醇。

10) 氯化化铁—醋酸溶液—90克 FeCl_3 、6 H_2O 和90毫升冰醋酸溶解于18升去离子水中。

11) 标准溶液

储备标准液—称取纯金属镁200毫克溶解于盐酸, 用去离子水定容至1升, 每毫升含0.200毫克镁。

应用标准液—含0.0、0.1、0.2和0.4毫克镁(用储备标准液, 0.1毫克=0.5毫升, 0.2毫克=1.0毫升, 0.4毫克=2.0毫升)。

在开始分析前

往全部标准液中添加2.0毫升钙试剂溶液, 并稀释至5毫升。

方法

1) 吸取3毫升整份样品溶液(2克样品→100毫升消化液), 置15毫升刻度离心管中。

2) 加1.0毫升草酸—酒石酸溶液。

3) 加3滴溴麝香草酚兰指示剂。

4) 置一长玻璃搅拌棒于离心管中, 将离心管放在约95℃水浴中加热约1分钟。

5) 取出离心管, 加入45%NaOH溶液使出现兰色。

6) 加入5%盐酸直至溶液变黄色为止。

- 7) 加入0.25N NaOH使溶液恰好变为兰色。
- 8) 加5滴5%氰化钾溶液
- 9) 加1.0毫升过量0.25N NaOH
- 10) 加1.0毫升8-羟基喹啉溶液
- 11) 立即搅拌(至少30秒)
- 12) 以1.0毫升95%乙醇洗涤玻璃搅拌棒和管壁。
- 13) 以每分钟2000转速离心15分钟。
- 14) 倾出上清液
- 15) 向离心管中加入10.0毫升氨-乙醇洗涤液, 充分搅拌沉淀。
- 16) 以1.0毫升95%乙醇洗涤玻璃搅拌棒和管壁。
- 17) 以2000转/分转速离心15分钟。
- 18) 取出上清液, 并将离心管中液溶沥尽。
- 19) 用装FeCl₃醋酸溶液塑料洗瓶将沉淀洗入50毫升容量瓶中。
- 20) 加入氯化铁-醋酸溶液使体积达到50毫升, 振摇, 放置30分钟使沉淀完全溶解。
- 21) 再振摇一次, 用费歇尔或考莱曼光度计在650纳米波长测定光密度。
- 22) 绘制标准曲线, 将曲线上光度计读数得到毫克%乘以2。

6. 铁-磷位菲浇法

试剂

- 1) 5%盐酸羟胺溶液—溶解5克盐酸羟胺于95%毫升去离子水, 储存于棕色瓶中。
- 2) 0.20%磷位菲浇淋溶液—0.200克磷位菲浇淋溶解于25%乙醇溶液100毫升(25毫升乙醇溶解于75毫升去离子水)。
- 3) 60%醋酸铵溶液—600克醋酸铵溶解于去离子水, 并定容至1升, 如果用醋酸钠, 则浓度为40%。

5) 标准溶液

溶解纯铁丝0.5克于5毫升盐酸, 用无离子水稀释至250毫升, 此溶液含铁0.2%或2000PPm。

取上述含铁2000PPm的溶液5毫升稀释至1升, 即得到每毫升溶液含10微克铁或10PPm铁。

制备一系列含0、20、30、40和50微克铁标准溶液, 按下述方法测定、绘制标准曲线。

方法

吸取20毫升整份部分样品溶液(1克叶片消化后稀释至100毫升), 置于25毫升容量瓶中, 加5%盐酸羟胺溶液5滴和0.20%磷位菲浇淋溶液1毫升, 混匀, 而后加入60%醋酸铵溶液2毫升, 稀释至25毫升, 1小时内用530纳米波长测定。

重要注释: 柑桔叶在干燥前必须用去污剂(例如Drett), 洗涤, 无离子水洗3—4次, 在营养诊断中用未经洗涤的柑桔叶分析铁是没有意义的。

7. 铜——二硫代氨基甲酸盐法

试剂